17500

SZCZECIŃSKIE ROCZNIKI NAUKOWE

SZCZECIŃSKIE
TOWARZYSTWO
NAUKOWE

PL ISSN 0860-6692

ANNALES SCIENTIARUM STETINENSES

Tom VII Zeszyt 1

Nauki morskie Nr 2

OSSOLINEUM

SZCZECIŃSKIE TOWARZYSTWO NAUKOWE

SZCZECIŃSKIE ROCZNIKI NAUKOWE

ANNALES SCIENTIARUM STETINENSES

Tom VII Zeszyt 1

NAUKI MORSKIE

Nr 2

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW
ZAKŁAD NARODOWY IM. OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO
1992

Redaktor Naczelny
EUGENIUSZ MIĘTKIEWSKI

Sekretarz Redakcji
WANDA JARYMOWICZ

Komitet Redakcyjny

Ludwik Janiszewski, Wanda Jarymowicz, Janina Jasnowska, Stanisława Kaczmarczyk, Józef Kopeć, Czesław Koźmiński, Aleksandra Krygier-Stojałowska, Henryk Lesiński, Zdzisław Łaski, Eugeniusz Miętkiewski, Marian Piech, Krzysztof Prawdzic

Redaktorzy Działów

Nauki Społeczne - Henryk Lesiński
Nauki Przyrodnicze i Rolnicze - Marian Piech
Nauki Medyczne - Aleksandra Krygier-Stojałowska
Nauki Matematyczne i Techniczne - Józef Kopeć
Nauki Morskie - Krzysztof Prawdzic

17.500

Adres Redakcji - Address of the Editorial Office
70-481 Szczecin, al. Wojska Polskiego 96

Tłumacze

Ludmiła Korżenko - j. rosyjski
Janusz Kłosiński - j. angielski

Na stronie tytułowej - pieczęć Szczecińskiego Towarzystwa Naukowego wzorowana na pieczęci ks. Bogusława V z pierwszej połowy XIV wieku

Wydanie „Szczecińskich Roczników Naukowych" finansuje Urząd Wojewódzki w Szczecinie

Okładkę projektował Edward Kostka
Redaktor – Aurelia Podgórska
Redaktor techniczny – Alicja Januszczak

© *Copyright by Zakład Narodowy im. Ossolińskich - Wydawnictwo, Wrocław 1992*

Printed in Poland

PL ISSN 0860-6692

Ka/92

SPIS TREŚCI

1. Andrzej K o m p o w s k i, Wojciech P i e ń k o w s k i: Zmiany w połowach ryb słodkowodnych w polskiej części Zalewu Szczecińskiego i Zatoki Pomorskiej w latach 1960–1985 7
2. Zbigniew P i e s i k: Możliwość biologicznej rekultywacji Zalewu Szczecińskiego 23
3. Andrzej B o j a n o w s k i: Rola załóg w kształtowaniu wyniku połowowego trawlerów B-18 i B-418 PPDiUR „Odra" w Świnoujściu 37
4. Józef Piotr G i r j a t o w i c z: Warunki tworzenia się pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej Bałtyku 49
5. Stefan T r z e c i a k: Mgły i zjawiska im towarzyszące w zachodniej części polskiego wybrzeża Bałtyku 67
6. Stefan T r z e c i a k: Czynniki hydrometeorologiczne utrudniające żeglugę i prace hydrotechniczne w Zatoce Pomorskiej 87

CONTENTS

1. Andrzej K o m p o w s k i, Wojciech P i e ń k o w s k i: The changes in freshwater fish catches in the Polish part of the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay in 1960-1985 7
2. Zbigniew P i e s i k: The possibility of biological reclamation of the Szczecin Lagoon 23
3. Andrzej B o j a n o w s k i: The role of crews in obtaining fishing effects of B-18 and B-418 trawlers of the „Odra", a Świnoujście based fishing company 37
4. Józef Piotr G i r j a t o w i c z: The conditions of first ice formation in the Polish coastal zone of the Baltic 49
5. Stefan T r z e c i a k: Fogs and phenomena accompanying them in the Western part of the Polish Baltic coast 67
6. Stefan T r z e c i a k: Hydrometeorological factors hampering navigation and hydrotechnical work in Pomeranian Bay 87

СОДЕРЖАНИЕ

1. Анджэй К о м п о в с к и, Войтех П е н ь к о в с к и: Изменения в уловах пресноводных рыб в польской части Щецинского залива и Померанской бухты в 1960-1985 гг. 7
2. Збигнев П е с и к: Возможность биологической рекультивации Щецинского залива 23
3. Анджэй Б о я н о в с к и: Значение команд для результата уловов траулеров Б-18 и Б-418 ППДиУР "Одра" в г. Свиноуйсте 37
4. Юзэф Пётр Г и р ь я т о в и ч: Условия образования первичного льда в польской прибрежной зоне Балтика 49
5. Стэфан Т ш э т я к: Туманы и сопутствующие им явления в западнем районе польского побережья Балтийского моря 67
6. Стэфан Т ш э т я к: Гидрометеорологические факторы препятствующие в судоходстве и в работах в Померанской бухте 87

SZCZECIŃSKIE ROCZNIKI NAUKOWE – ANNALES SCIENTIARUM STETINENSES
1992 t. VII, z. 1, s. 7 – 21

ANDRZEJ KOMPOWSKI, WOJCIECH PIEŃKOWSKI

ZMIANY W POŁOWACH RYB SŁODKOWODNYCH W POLSKIEJ CZĘŚCI ZALEWU SZCZECIŃSKIEGO I ZATOKI POMORSKIEJ W LATACH 1960-1985

Instytut Oceanografii Rybackiej i Ochrony Morza Akademii Rolniczej,
ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 Szczecin

S t r e s z c z e n i e. Na podstawie analizy statystyki połowów ryb słodkowodnych w polskiej części Zalewu Szczecińskiego i w Zatoce Pomorskiej można w analizowanym okresie 1960-1985 wyróżnić: 1) fazę silnego wzrostu produkcyjności rybackiej (1960-1976) i 2) fazę spadku produkcyjności (1977-1985). Równocześnie nastąpiły silne zmiany struktury gatunkowej połowów. Dominujący początkowo leszcz oraz ryby zaliczane do tzw. wyboru, tj. szczupak, węgorz i sandacz, a także miętus i certa, ustąpiły miejsca płoci i okoniowi. Powyższe zmiany w połowach, będące odzwierciedleniem zmian biomasy eksploatowanych gatunków, mają charakter zmian sukcesyjnych – typowych dla eutrofizacji zbiornika. Nie można jednak wykluczyć wpływu innych przyczyn, działających równolegle ze wzrostem troficzności.

S ł o w a k l u c z o w e: połowy – sukcesja gatunków – eutrofizacja.

WSTĘP

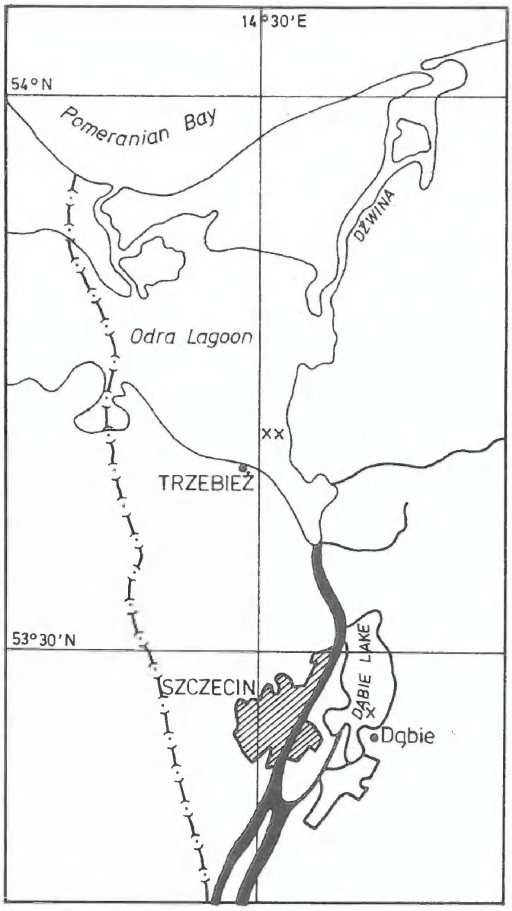
Połowy ryb na Zalewie Szczecińskim mają duże znaczenie gospodarcze. Jest to zbiornik niezwykle żyzny, o silnie zmiennym środowisku, na które wywierają wpływ nie tylko wody Odry, ale również wlewy wód słonawych z Zatoki Pomorskiej. W tym ostatnim akwenie w rybołówstwie przybrzeżnym ważną rolę odgrywają ryby słodkowodne. Tarliska ich znajdują się w Zalewie Szczecińskim, zaś do Zatoki Pomorskiej ryby te wywędrowują sezonowo na żerowiska. Zarówno Zalew Szczeciński jak i Zatoka Pomorska poddane są silnej antropopresji, nasilającej się w ostatnich latach, a przejawiającej się przede wszystkim w intensywnym zrzucie ścieków. Połowy ryb w obu omawianych akwenach ulegają silnym fluktuacjom - zarówno ilościowym jak i w odniesieniu do ich składu gatunkowego.

Celem niniejszej pracy jest analiza zmian połowów ryb słodkowodnych w Zalewie Szczecińskim oraz w Zatoce Pomorskiej (płoć, leszcz i sandacz)

w dwudziestoszścioleciu 1960-1985 oraz wysunięcie hipotezy co do przypuszczalnych przyczyn tych zmian.

MATERIAŁ I METODYKA

Statystyki połowowe, otrzymane z Urzędu Morskiego w Szczecinie, dotyczą dwudziestoszścioletniego okresu 1960-1985, obejmując polską część Zalewu Szczecińskiego – łącznie z przyległymi akwenami Roztoki Odrzańskiej, krótkimi odcinkami Odry oraz jeziorem Dąbie – aż do południowej granicy wód administrowanych przez Urząd Morski w Szczecinie (ryc. 1). Ponadto materiały zawierają statystyki połowów płoci,



Ryc 1. Mapka badanych akwenów z zaznaczeniem położenia baz rybackich w Dąbiu i w Trzebieży; x – miejsce połowu rybaka „A", xx – miejsce połowu rybaka „B"

leszcza i sandacza w polskiej części Zatoki Pomorskiej w tym samym okresie 1960-1985 oraz połowy w latach 1970-1985 w dwóch wybranych bazach rybackich - Dąbiu i Trzebieży, wraz z połowami dwóch wytypowanych rybaków z tych baz. Korelacje między połowami tych rybaków a połowami ich baz oraz połowami w Zatoce Pomorskiej i połowami w Zalewie Szczecińskim, jak również istotność tych korelacji badano pow-

szechnie przyjętymi metodami statystycznymi. Przy wykrywaniu korelacji posługiwano się zarówno danymi nie skorygowanymi, jak i danymi skorygowanymi przy zastosowaniu średniej ruchomej trzyletniej. Korektę tę przyjęto w celu zmniejszenia wpływu połowów w poszczególnych latach na wieloletnie tendencje.

WYNIKI

1. WAHANIA POŁOWÓW NA ZALEWIE SZCZECIŃSKIM

Tabela 1 przedstawia połowy w polskiej części Zalewu Szczecińskiego i w akwenach przyległych. W latach 1960-1965 poławiano rocznie około 2 tysiące t ryb. Utrzymywała się niewielka tendencja spadkowa - z 2197,2 t w 1961 r. do 1615,3 t w 1965 r. Od roku 1966 rozpoczął się intensywny wzrost połowów, który trwał do roku 1975, w którym złowiono 3889,8 t ryb. Później nastąpił gwałtowny spadek, do 2693,7 t w roku 1981. W latach 1982 i 1983 nastąpił pewien wzrost, zaś w 1984 i 1985 połowy znowu się obniżyły do 2486,3 t w 1985 r. Ogólnie biorąc, w latach 1966-1975 występowała tendencja wzrostowa, zaś w okresie 1976-1985 tendencja spadkowa.

Obok silnych zmian połowów ogólnych można było zaobserwować równie silne zmiany ich struktury gatunkowej (tab. 1). W latach 1960-1967 dominującym gatunkiem był leszcz. Stanowił on w 1960 r. około 45 % masy połowów ogólnych. Zmiany w połowach leszcza decydowały wówczas o tendencji w połowach ogólnych i spadek połowów tego gatunku był przyczyną ogólnej tendencji spadkowej.

W roku 1967 rozpoczął się silny wzrost połowów płoci. Gatunek ten w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych stanowił od 15 do 23 % masy połowów ogólnych i zajmował drugie miejsce po leszczu. Od roku 1968 płoć stała się rybą dominującą ilościowo. Szczyt jej połowów przypadł na rok 1975 i pokrył się ze szczytem połowów wszystkich gatunków. W tym szczytowym roku złowiono 1830,9 t płoci, co stanowiło 47,2 % połowów wszystkich gatunków. Następnie połowy płoci nieco zmalały – do 1021,6 t w roku 1980, by ponownie wzrosnąć w roku 1982 i utrzymywać się do końca omawianego okresu na poziomie około 1400 ton. W 1985 r. płoć stanowiła 53,5 % ogólnej masy połowów.

Drugim gatunkiem, którego połowy silnie wzrosły, jest okoń. W latach sześćdziesiątych stanowił on nieznaczną część połowów ogólnych, bo tylko 2,9-4,8 %. Wzrost połowów okonia rozpoczął się później niż wzrost połowów płoci, bo dopiero w 1971 roku. W 1980 r. okoń osiągnął drugie miejsce w połowach (za płocią), stanowiąc wówczas 21,2 % masy wszystkich złowionych gatunków ryb. W 1962 r. złowiono tylko 38 t okonia, zaś w roku 1983 aż 663 t.; nastąpił więc wzrost siedemnastokrotny. W ostatnich dwóch latach omawianego okresu połowy okonia spadły, był on jednak nadal drugi pod względem masy połowów.

Tabela 1. Połowy ryb w polskiej części Zalewu Szczecińskiego i w akwenach przyległych w latach 1960–1985

Lata	Połowy (t)										
	węgorz	sandacz	leszcz	płoć	szczupak	okoń	rozpiór	certa	boleń	miętus	ogółem
1960	229,5	288,2	859,1	289,4	47,0	55,3		3,5	6,2	2,8	1923,8
1961	152,3	310,4	1011,7	296,1	45,6	57,7		11,7	12,6	5,1	2197,2
1962	231,1	230,7	970,5	258,4	39,9	38,1	brak	14,2	10,7	3,6	2063,9
1963	294,4	178,2	748,1	399,0	30,2	70,2	danych	14,4	6,6	6,4	1984,3
1964	392,9	209,8	768,1	351,4	56,9	84,3		20,9	6,8	19,0	2057,2
1965	239,8	238,9	441,2	371,2	58,7	55,5		14,6	12,8	20,4	1615,3
1966	363,4	375,3	510,5	317,4	84,8	109,1	9,4	14,6	8,1	15,0	2044,0
1967	450,8	204,4	669,4	420,1	64,5	138,2	7,5	13,1	11,6	24,5	2268,6
1968	415,6	466,3	639,1	723,8	61,2	146,5	2,4	14,3	10,3	32,7	2940,0
1969	384,5	553,0	492,0	764,0	53,4	129,6	•	23,3	6,1	16,8	2747,2
1970	243,8	439,2	579,3	803,4	46,1	122,8	9,2	27,2	9,2	15,3	2533,8
1971	221,8	429,7	806,2	962,9	42,6	159,8	22,2	29,3	10,4	16,7	3060,3
1972	144,7	479,8	992,2	1148,5	44,5	195,7	63,3	33,2	9,1	16,1	3323,7
1973	127,0	379,7	822,5	1225,1	29,7	211,7	166,2	24,2	5,2	19,9	3272,1
1974	103,9	331,9	775,2	1547,4	32,0	239,3	104,4	15,7	5,2	17,9	3664,1
1975	99,3	330,3	677,6	1830,9	24,2	266,2	91,0	12,1	5,2	7,0	3889,8
1976	76,5	296,8	623,1	1460,2	13,5	387,7	54,4	12,5	5,0	3,1	3452,6
1977	82,2	205,9	554,1	1530,2	6,7	383,4	30,7	7,2	1,8	5,5	3166,9
1978	59,1	219,2	522,1	1607,0	7,2	531,4	21,4	5,2	2,0	11,9	3270,7
1979	58,9	197,1	534,6	1353,7	8,1	632,1	62,2	4,4	2,5	23,4	3175,2
1980	85,2	190,5	420,6	1021,6	5,9	597,3	125,1	2,3	1,5	9,6	2814,7
1981	58,0	193,6	404,4	1073,6	7,1	530,0	183,3	1,9	2,5	10,2	2693,7
1982	62,8	183,7	514,7	1430,0	9,2	492,2	168,4	1,5	2,9	27,2	3105,6
1983	61,0	326,5	431,7	1452,7	9,7	663,3	121,4	0,7	2,4	16,3	3288,3
1984	71,3	247,1	547,1	1243,3	8,7	523,1	50,0	0,3	2,0	5,2	2888,4
1985	99,1	192,4	302,5	1327,2	5,8	329,9	37,8	0,4	0,9	3,4	2486,3

Interesującym zjawiskiem są połowy rozpióra. Do roku 1965 gatunek ten nie był w ogóle podawany w statystykach połowów.Nie oznacza to jednak, że w ogóle go nie poławiano, gdyż mógł być ujmowany łącznie z innymi gatunkami w pozycjach „ryba paszowa" lub „chwast". Od roku 1970 widać wyraźny wzrost połowów tej ryby – z dużymi fluktuacjami.

Bardzo cennym gatunkiem w rybołówstwie Zalewu Szczecińskiego jest sandacz. Na początku analizowanego okresu, tj. w latach 1960 i 1961, poławiano mniej więcej tyle samo sandacza co płoci (odpowiednio: 288,2 t i 310,4 t).Następnie połowy sandacza spadły do 178,2 t w 1963 r. Od 1964 r. połowy sandacza silnie wzrastały, osiągając maksimum 553 t w roku 1969. Sandacz stanowił w latach sześćdziesiątych około 15 % masy połowów ogólnych. Od roku 1970 obserwuje się systematyczny spadek połowów tej ryby, aż do roku 1982, gdy złowiono go tylko 183,7 t. W 1983 r. połowy były znów wyższe, by ponownie spaść w latach 1984 i 1985. W latach osiemdziesiątych sandacz stanowił tylko około 7 % masy wszystkich złowionych ryb.

Połowy innej wartościowej ryby – węgorza, wynoszące na początku lat sześćdziesiątych przeciętnie około 250 t rocznie, pod koniec tej dekady silnie wzrosły, do 450,8 t w roku 1967 i 415,6 t w roku 1968. Węgorz stanowił wtedy prawie 20 % połowów ogólnych. Interesujące, że szczyt połowów węgorza pokrywał się prawie ze szczytem połowów sandacza. Od tamtej pory obserwowano stały spadek ilości poławianego rocznie węgorza aż do roku 1976, gdy połowy ustabilizowały się na niskim poziomie 60-70 t rocznie, co odpowiada 2,6–4,0 % połowów ogólnych.

Dalszymi gatunkami, których połowy silnie zmalały w omawianym okresie, są szczupak i certa. W latach 1960-1972 połowy szczupaka nigdy nie spadły poniżej 40 t rocznie, a w 1966 r. osiągnęły szczyt – 84,8 t, co stanowiło 4,12 % połowów ogólnych. W 1973 nastąpiło nagłe załamanie się połowów, a od 1977 r. ich stabilizacja na niskim poziomie 7-8 t rocznie, co odpowiada około 0,2 % połowów ogólnych. Połowy certy w latach sześćdziesiątych i w pierwszej połowie lat siedemdziesiątych wahały się w granicach 14-30 t rocznie. Najlepsze wyniki przypadły na rok 1972 (33,2 t). Od tamtej pory połowy systematycznie malały i w ostatnich latach można mówić wręcz o całkowitym prawie zaniku gatunku, czego uzasadnieniem jest 347 kg certy złowionej w roku 1984 i 373 kg w roku 1985. Załamanie się połowów certy (lata 1974 i 1975) zbiegło się prawie z załamaniem się połowów szczupaka.

Połowy leszcza były na tle połowów rozpatrywanych gatunków nieco bardziej stabilne i nie podlegały tak dramatycznym zmianom, jak np. połowy płoci. Szczytowe połowy leszcza przypadły na rok 1961 (1011,7 t). Później spadły one o ponad połowę – do 441,2 t w 1965 r. Drugi szczyt połowów leszcza przypadł na rok 1972 (992,2 t) i poprzedził o trzy lata najwyższe połowy płoci. Od tamtej pory połowy leszcza systematycznie malały aż do 302,5 t złowionych w 1985 r. Charakterystyczne, że proporcja

leszcza w połowach stale malała. W początkach lat sześćdziesiątych był to gatunek dominujący, bo w roku 1960 stanowił 44,8 % łącznej masy wszystkich złowionych ryb. W roku 1965 połowy leszcza wynosiły 27,4%, w 1970 r. – 22,9%, w 1975 – 17,4%, w 1980 – 14,9%, a w 1985 już tylko 12,2%.

Jak wynika z powyższej analizy, od 1966 r. obserwowano gwałtowny wzrost połowów ogólnych. Po osiągnięciu najwyższych wartości w roku 1975, połowy stale malały (z okresowymi wahaniami). Równocześnie zmieniał się skład gatunkowy połowów. Dominujący na początku okresu leszcz został zastąpiony przez płoć i okonia. Charakterystycznym zjawiskiem był początkowy wzrost tzw. „wyboru", tj. szczupaka, węgorza i sandacza oraz certy, jak również miętusa. Szczyty połowów tych gatunków poprzedziły o 3-10 lat szczyt połowów płoci. Następnie połowy gatunków należących do „wyboru" zaczęły maleć, a po upływie pewnego czasu zaczęły spadać również połowy płoci.

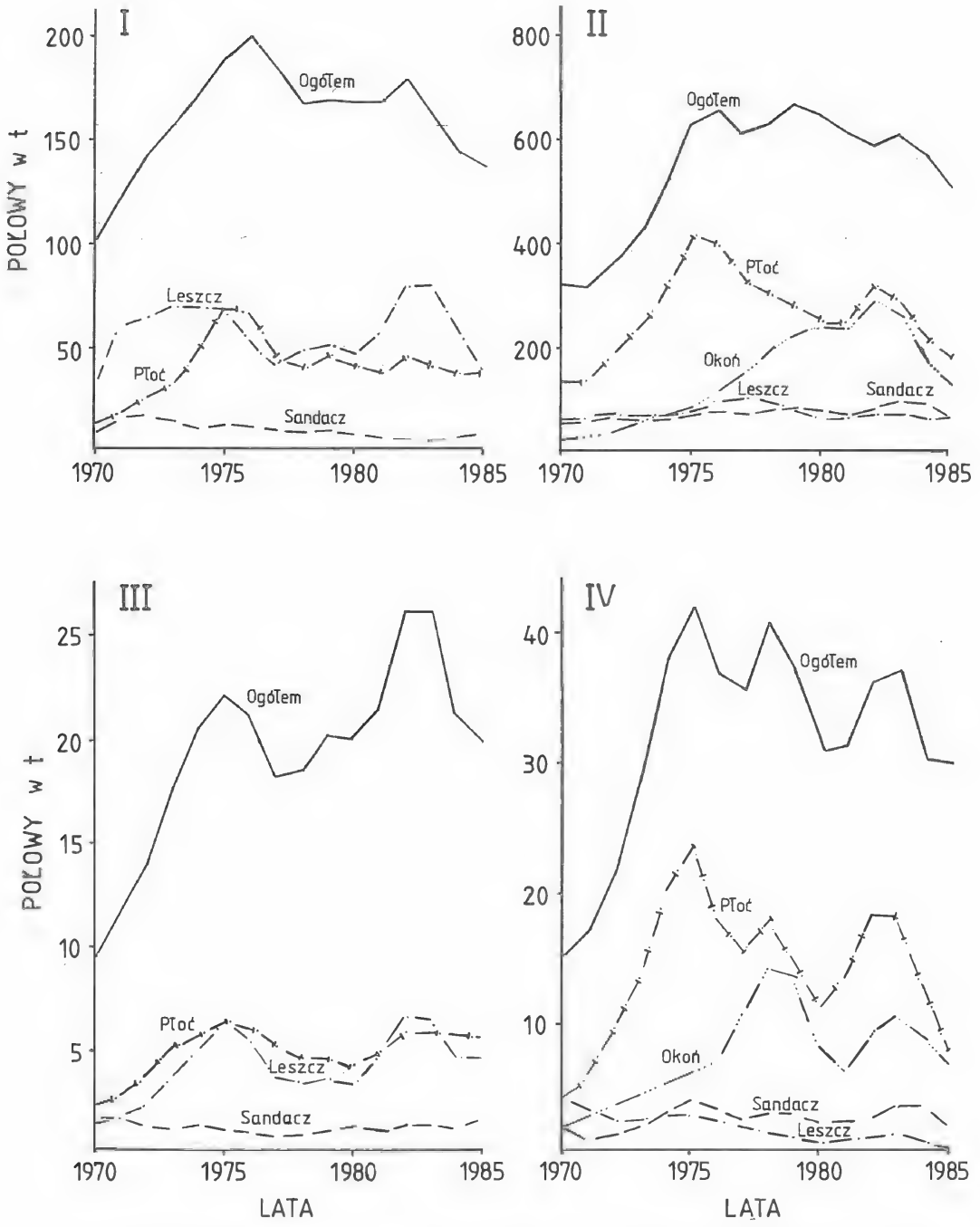
2. POŁOWY BAZY W DĄBIU

Rybacy z bazy w Dąbiu eksploatują łowiska południowej części jeziora Dąbie i krótkie, przyległe do tego akwenu odcinki Odry i Regalicy (ryc. 1), posługując się głównie żakami węgorzowymi, alhamami oraz przywłokami i wontonami leszczowo-sandaczowymi.

W omawianym dwudziestoszecioleciu utrzymywała się w tej bazie do połowy lat siedemdziesiątych stała tendencja wzrostowa wyładunków (ryc. 2). W pierwszej połowie lat sześćdziesiątych poławiano rocznie 80-95 t, podczas gdy w latach 1975-1977 około 200 t. Od tej pory widoczna jest tendencja spadkowa – do 126 t w roku 1985. W całym omawianym okresie dominującym gatunkiem był leszcz. Mimo okresowych wahań wyładunki tej ryby utrzymywały się na mniej więcej tym samym poziomie. Węgorz, który w początkach lat sześćdziesiątych zajmował drugie miejsce za leszczem, stopniowo tracił na znaczeniu i w końcu omawianego okresu jego połowy wynosiły 4,3-10 t rocznie. Połowy sandacza stanowiły około 5-10 % połowów ogólnych, przy czym ich szczyt (18,9 t) przypadł na rok 1972. Stałym wzrostem charakteryzowały się połowy płoci i rozpióra.

3. KORELACJA MIĘDZY OGÓLNYMI POŁOWAMI BAZY W DĄBIU I POŁOWAMI WYBRANEGO RYBAKA Z TEJ BAZY

Wytypowany do badań korelacyjnych rybak „A" poławiał niemal wyłącznie za pomocą narzędzi pułapkowych. Ilość sprzętu używanego przez tego rybaka nie uległa zmianie od 1970 r. i wynosi: 22 żaki węgorzowe oraz 86 alhamów. Nakład połowowy rybaka „A" był więc stały w okresie 1970-1985. Również miejsce, w którym ten rybak corocznie stawia swe sieci, jest ustalone przez Urząd Morski i nie zmienia się (ryc. 1).



Ryc. 2. Połowy wybranych baz rybackich oraz rybaków „A" i „B" w latach 1970-1985; I – połowy bazy w Dąbiu, II – połowy bazy w Trzebieży, III – połowy rybaka „A", IV – połowy rybaka „B"

Tabela 2. Zależność między wielkością połowów (w tonach) bazy w Dąbiu (x) i wielkością połowów wybranego rybaka z tej bazy (y) w latach 1970–1985

Gatunek	Równanie prostej regresji	Współczynnik korelacji (r)	Istotność korelacji	
			$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
	Dane nie skorygowane			
Połowy ogółem	$y = 0,1216x + 0,6296$	0,7619	+	+
Płoć	$y = 0,0597x + 2,4375$	0,7020	+	+
Sandacz	$y = 0,0302x + 0,0488$	0,4252	–	–
Leszcz	$y = 0,0746x - 0,2323$	0,6851	+	+
	Dane skorygowane			
Połowy ogółem	$y = 0,1146x + 1,0285$	0,7146	+	+
Płoć	$y = 0,0727x + 1,9426$	0,7547	+	+
Sandacz	$y = 0,0359x + 0,7181$	0,5328	+	–
Leszcz	$y = 0,0783x - 0,4456$	0,6980	+	+

Dlatego też wyniki połowów uzyskanych przez tego rybaka powinny być dobrym wskaźnikiem zmian biomasy ryb w południowej części jez. Dąbie. Jak wynika z ryciny 2, zmiany w połowach rybaka „A" są bardzo zbliżone do tendencji obserwowanych w tym samym okresie w połowach całej bazy w Dąbiu. Szczytowe połowy przypadają na te same lata, a dotyczy to zarówno połowów ogólnych, jak również i ich dwóch głównych składników – płoci i leszcza.

W tabeli 2 przedstawiono korelacje między wielkością połowów bazy w Dąbiu i połowami rybaka „A". Uwzględniono oprócz łącznych połowów wszystkich gatunków także połowy płoci, leszcza i sandacza. W przypadku połowów ogólnych oraz połowów płoci i leszcza uzyskano dość silne korelacje prostoliniowe. Przy czym skorygowanie danych przy pomocy średniej ruchomej poprawiło nieco istotność korelacji. Nie uzyskano istotnej statystycznie korelacji na poziomach istotności 0,05 i 0,01 dla połowów sandacza w formie nie skorygowanej, zaś dla danych skorygowanych uzyskano istotną korelację na poziomie istotności 0,05.

Uzyskane wyniki wskazują, że wahania połowów bazy w Dąbiu są dość dobrym wskaźnikiem wahań biomasy badanych gatunków ryb w tej części jez. Dąbie, która jest eksploatowana przez rybaków z omawianej bazy.

4. POŁOWY BAZY W TRZEBIEŻY

Rybacy z tej bazy poławiają głównie w południowej części Zalewu Szczecińskiego i w Roztoce Odrzańskiej (ryc.1). Głównym typem narzędzia połowu jest stawny niewód węgorzowy. Poza tym stosuje się niewielką ilość żaków dobrzeżnych. Niewody stawne zaczęto wprowadzać w 1962 r. i liczebność ich rosła do roku 1969. Od tej pory nie było większych zmian

w ilości i jakości używanych narzędzi połowów z powodu ograniczeń administracyjnych.

W latach 1960-1976 wyładunki roczne w Trzebieży gwałtownie wzrastały: od 54 do 692 t - był to wzrost mniej więcej dwunastokrotny. Od 1976 do 1983 r. wyładunki utrzymywały się na mniej więcej tym samym poziomie – około 650 t rocznie, przy czym najwięcej złowiono w roku 1983 (762,5 t). W dwóch ostatnich latach omawianego okresu, tzn. 1984 i 1985, wyładunki spadły. Do silnego wzrostu połowów obserwowanego w latach 1960-1976 przyczyniło się przede wszystkim zwiększenie ilości poławianych płoci i okonia. Połowy płoci wzrosły niemal sześćdziesięciokrotnie – od 6 t w 1960 r. do 477,5 t w roku 1975. Od tego momentu zaznaczyła się, ogólnie biorąc, tendencja spadkowa, tym niemniej gatunek ten utrzymywał się stale na pierwszym miejscu. Połowy okonia wzrosły jeszcze silniej niż połowy płoci – od 0,6 t w 1960 r. do 231,8 t w roku 1979. Szczyt połowów okonia wystąpił więc kilka lat później niż szczyt połowów płoci. Równolegle do wzrostu połowów płoci i okonia następował spadek proporcji w połowach gatunków, które dominowały w latach sześćdziesiątych, tj. sandacza, węgorza i leszcza.

5. KORELACJA MIĘDZY POŁOWAMI BAZY W TRZEBIEŻY I POŁOWAMI WYBRANEGO RYBAKA Z TEJ BAZY

Wybrany do badań korelacyjnych rybak „B" poławiał wyłącznie za pomocą narzędzi pułapkowych – żaków węgorzowych. Liczebność tego sprzętu (34 żaki) nie uległa zmianie do roku 1970. Nakład połowowy rybaka „B" był

Tabela 3. Zależność między wielkością połowów (w tonach) bazy w Trzebieży (x) i wielkością połowów wybranego rybaka z tej bazy (y) w latach 1970–1985

Gatunek	Równanie prostej regresji	Współczynnik korelacji (r)	Istotność korelacji	
			$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}01$
	Dane nie skorygowane			
Połowy ogółem	$y = 0{,}0573x + 0{,}5006$	0,8037	+	+
Płoć	$y = 0{,}0645x + 2{,}8001$	0,8834	+	+
Okoń	$y = 0{,}0481x + 1{,}0947$	0,8458	+	+
Sandacz	$y = 0{,}0602x - 1{,}7604$	0,7359	+	+
Leszcz	$y = 0{,}0117x + 1{,}0463$	0,1896	–	–
	Dane skorygowane			
Połowy ogółem	$y = 0{,}0562x + 1{,}1251$	0,8856	+	+
Płoć	$y = 0{,}0605x + 1{,}8481$	0,9470	+	+
Okoń	$y = 0{,}0498x + 0{,}7375$	0,8558	+	+
Sandacz	$y = 0{,}0526x - 1{,}1802$	0,6987	+	+
Leszcz	$y = 0{,}0157x + 0{,}8070$	0,2095	–	–

więc w tym okresie stały z roku na rok. Rybak ten ma przydzielone stałe miejsce połowów w południowo-wschodniej części Zalewu Szczecińskiego, na północ od wyspy Chełminek (ryc. 1). Dlatego połowy uzyskiwane przez tego rybaka można uznać za dobry wskaźnik zmian biomasy ryb w tej części Zalewu. Przebieg zmian tych połowów jest niemal identyczny jak ich przebieg w odniesieniu do całej bazy w Trzebieży (ryc. 2). Szczyty połowów dominujących gatunków – płoci i okonia – przypadają na te same lata. Podobne są również tendencje połowów ogólnych.

Zbadano korelacje między połowami całej bazy w Trzebieży i połowami rybaka „B" (tab. 3), uwzględniając połowy łączne wszystkich gatunków oraz połowy płoci, okonia, sandacza i leszcza. W przypadku połowów ogólnych oraz połowów płoci, okonia i sandacza wykryto silne korelacje prostoliniowe. Jedynie w przypadku leszcza nie uzyskano korelacji istotnej statystycznie. Wydaje się więc, że wahania połowów bazy w Trzebieży są dobrym wskaźnikiem wahań biomasy badanych gatunków (oprócz leszcza) w eksploatowanej przez rybaków z tej bazy części Zalewu Szczecińskiego.

6. PORÓWNANIE ZMIAN W POŁOWACH PŁOCI, LESZCZA I SANDACZA W ZATOCE POMORSKIEJ ZE ZMIANAMI POŁOWÓW TYCH GATUNKÓW W ZALEWIE SZCZECIŃSKIM

Ryby słodkowodne poławiane w Zatoce Pomorskiej pochodzą z Zalewu Szczecińskiego, z którego przywędrowują sezonowo do Zatoki w celach żerowiskowych [6, 7, 12, 13, 15, 17, 20]. Dlatego też zmiany biomasy tych ryb w Zalewie powinny odbijać się w podobny sposób na połowach i w Zalewie Szczecińskim i w Zatoce Pomorskiej. Uznano więc za celowe przeanalizowanie tych zmian w połowach trzech ważnych gatunków słodkowodnych poławianych w Zatoce Pomorskiej: sandacza, płoci i leszcza.

S a n d a c z. Porównanie danych zawartych w tabelach 1 i 4 wykazuje, że w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych nie widać żadnej zbieżności w tendencjach zmian połowów tej ryby w obu akwenach. Połowy sandacza w Zatoce Pomorskiej utrzymywały się na mniej więcej wyrównanym, bardzo niskim poziomie 12-13 t rocznie, podczas gdy w Zalewie Szczecińskim widoczna była w tym okresie wyraźna tendencja spadkowa. Natomiast od 1967 r. widać wyraźną zbieżność tendencji w połowach sandacza w obu akwenach. Połowy bardzo silnie rosły, osiągając najwyższe wartości w latach 1969 i 1970. Od tej pory występował spadek połowów – ostry w Zalewie Szczecińskim, łagodniejszy w Zatoce Pomorskiej, z przejściowym zwiększeniem się połowów w latach 1983 i 1984. Ponadto, jeśli w latach 1960-1966 sandacz poławiany w Zatoce Pomorskiej stanowił tylko 3-14 % sumy połowów z obu akwenów, to w okresie późniejszym aż 25 do 40 %. Przy późniejszym badaniu korelacji pominięto dane z lat 1960-1966.

P ł o ć. Dane zawarte w tabelach 1 i 4 wskazują na dość dużą zbież-

Tabela 4. Polskie połowy leszcza, płoci i sandacza w Zatoce Pomorskiej w latach 1960–1985

Lata	Połowy (t)		
	płoć	leszcz	sandacz
1960	2,4	14,7	12,4
1961	5,1	21,0	10,7
1962	7,2	13,0	29,5
1963	18,1	92,8	15,2
1964	22,0	20,9	18,1
1965	24,0	17,7	38,6
1966	18,0	39,2	39,5
1967	21,5	66,9	60,1
1968	80,0	60,2	90,2
1969	39,9	25,2	182,8
1970	68,8	77,2	216,6
1971	55,1	75,7	203,2
1972	51,7	67,6	162,8
1973	66,1	70,1	116,3
1974	47,8	38,7	161,0
1975	114,6	53,1	114,0
1976	50,2	19,6	170,6
1977	54,9	20,5	134,9
1978	34,7	20,5	98,3
1979	32,3	11,3	86,5
1980	37,1	18,2	115,5
1981	25,4	9,4	63,2
1982	33,8	8,6	68,8
1983	69,2	13,5	103,1
1984	118,4	20,6	117,7
1985	53,6	14,7	82,5

ność tendencji połowów płoci w obu akwenach. Szczytowe wyniki przypadają i w Zalewie Szczecińskim, i w Zatoce Pomorskiej na rok 1975.

L e s z c z. Jak wynika z porównania tabel 1 i 4, w latach 1960-1964 nie można było zaobserwować żadnej zbieżności w tendencjach połowów leszcza w Zatoce Pomorskiej i w Zalewie Szczecińskim. Połowy leszcza w Zatoce Pomorskiej były wtedy bardzo niskie, tymczasem w Zalewie Szczecińskim był to okres bardzo wysokich połowów. Dobrą zbieżność tendencji widać dopiero od roku 1965. Dlatego też do późniejszych badań korelacji wykorzystano dane połowowe z lat 1965-1985.

7. KORELACJA MIĘDZY POŁOWAMI SANDACZA, PŁOCI I LESZCZA W ZATOCE POMORSKIEJ I W ZALEWIE SZCZECIŃSKIM

W tabeli 5 przedstawiono wyniki badań nad korelacjami połowów płoci, leszcza i sandacza w Zalewie Szczecińskim i w Zatoce Pomorskiej.

Dla wszystkich trzech gatunków uzyskano dość silne korelacje prostoliniowe, przy czym skorygowanie danych metodą średniej ruchomej poprawiło nieco istotność korelacji. Wydaje się więc, że tendencje zmian w połowach tych gatunków są w dużym stopniu odbiciem tendencji zmian w ich biomasie.

Tabela 5. Korelacja między wielkością połowów (w tonach) w Zalewie Szczecińskim (x) i w Zatoce Pomorskiej (y) – płoci, leszcza i sandacza

Gatunek	Lata	Równanie prostej regresji	Współczynnik korelacji (r)	Istotność korelacji	
				$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
		Dane nie skorygowane			
Płoć	1960-1985	$y = 0,0375x + 7,9389$	0,6331	+	+
Leszcz	1965-1985	$y = 0,1125x + 30,0662$	0,7525	+	+
Sandacz	1967-1985	$y = 0,2703x + 40,1267$	0,6817	+	+
		Dane skorygowane			
Płoć	1960-1985	$y = 0,0354x + 9,0107$	0,7456	+	+
Leszcz	1965-1985	$y = 0,1220x + 35,7421$	0,8354	+	+
Sandacz	1967-1985	$y = 0,2939x + 31,6439$	0,7639	+	+

DYSKUSJA

Jak wynika z analizowanych powyżej statystyk, w okresie omawianego ćwierćwiecza 1960-1985 r. wystąpiły silne zmiany w połowach w polskiej części Zalewu Szczecińskiego. Można tu wyróżnić dwie fazy: 1) fazę silnego wzrostu produkcyjności rybackiej, obejmującej lata 1960-1976 i 2) fazę spadku produkcyjności, lata od 1977 do końca badanego okresu. Na początku pierwszej fazy zmian (fazy wzrostu) dominującym gatunkiem był leszcz, równocześnie można było zaobserwować silny wzrost połowów ryb zaliczanych do tzw. wyboru, to znaczy szczupaka, węgorza i sandacza, a także miętusa i certy. W dalszej części tej fazy wzrostu połowy ryb zaliczanych do wyboru stopniowo malały, zmniejszały się także połowy leszcza; rosły natomiast połowy płoci, a w kilka lat później także okonia. Te dwa ostatnie gatunki stały się głównymi składnikami połowów. Od 1977 r. rozpoczyna się faza spadku produkcyjności rybackiej. Maleją połowy wszystkich gatunków, ale dominacja płoci i okonia utrzymuje się nadal. Zmiany, jakie zaszły w jez. Dąbie, choć podobne, są mniej głębokie niż w Zalewie Szczecińskim.

Powstaje pytanie, czy opisywane zmiany w połowach są odzwierciedleniem faktycznych zmian w biomasie poszczególnych gatunków? O tym, że tak jest rzeczywiście, świadczą podobne tendencje w połowach wybranych rybaków i w połowach ich macierzystych baz rybackich. Rów-

nież istotne w większości przypadków korelacje między połowami tych rybaków i ich baz są dowodem na to, że połowy są dobrym wskaźnikiem biomasy ryb. Inny dowód na to, że hipoteza ta jest słuszna, wynika z porównania połowów sandacza, płoci i leszcza w Zalewie Szczecińskim z ich połowami na wodach Zatoki Pomorskiej oraz z wykrytych silnych korelacji między połowami na obu tych akwenach.

Opisywane powyżej zmiany, z typową sukcesją gatunków, są charakterystyczne dla zbiorników o rosnącej troficzności, spowodowanej przez zanieczyszczenia wód i były przedstawiane przez licznych autorów, z których można wymienić np.: Grzywacza [4] – jez. Trląg, Dudzińskiego [2] – jez. Zioło, Prejsa [16] – który podaje obszerny przegląd literatury przedmiotu, oraz Morawskiego [8] – wody przybrzeżne Zatoki Gdańskiej.

Wzrost troficzności wywiera wpływ na ichtiofaunę w sposób specyficzny dla każdego zbiornika, tym niemniej stwierdzono występowanie pewnych prawidłowości. Początkowo biomasa ichtiofauny rośnie – jako wynik poprawy warunków pokarmowych. Dalszy postęp eutrofizacji powoduje już jednak spadek biomasy. Proces ten w krańcowych przypadkach może doprowadzić do całkowitego zaniku ryb w zbiorniku lub cieku. Równocześnie zmienia się skład ichtiofauny. Mianowicie eutrofizacja wywołana zanieczyszczeniem wód przyśpiesza znacznie procesy sukcesji gatunków, które związane są z naturalnym starzeniem się zbiorników.

Wzrost troficzności Zalewu Szczecińskiego, szczególnie intensywny po uruchomieniu Zakładów Chemicznych Police, jest faktem powszechnie znanym i był opisywany przez wielu autorów [m.in.: 1, 5, 9, 10, 18, 19]. A zatem główną przyczyną opisywanych zmian jest prawdopodobnie gwałtowna eutrofizacja Zalewu. Nie należy jednak pomijać wpływu innych czynników, działających równolegle. Duże fluktuacje masy i składu gatunkowego połowów, choć nie tak intensywne jak obecnie, były zawsze charakterystyczne dla rybołówstwa Zalewu Szczecińskiego [3, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20]. Przyczyny tych fluktuacji widziano w wahaniach klimatu, zmianach aktywności rybołówstwa (nakład połowowy), wpływie rynku (podaż i popyt), postępie w technice połowów i zabiegach ochronno-regulacyjnych. Należy również uwzględnić to, że niniejsze badania obejmują tylko polską część Zalewu Szczecińskiego i Zatoki Pomorskiej. Hipotezę o eutrofizacji, jako głównej przyczynie opisywanych intensywnych zmian w połowach, należy więc traktować jako wstępną.

ANDRZEJ KOMPOWSKI, WOJCIECH PIEŃKOWSKI

THE CHANGES IN FRESHWATER FISH CATCHES IN THE POLISH PART OF THE SZCZECIN LAGOON AND POMERANIAN BAY IN 1960-1985

Summary

The data analysis of freshwater fish catches in the Polish part of the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay allows to distinguish two periods in the years 1960-1985: 1) a period of intensive increase in fishing productivity (1960-1976) and 2) a period of decrease in fishing productivity (1977-1985). At the same time there were radical changes in species composition of the caught fish. Originally dominating bream and the so called choice fish, such as pike, eel, perchpike, burbot and vimba were replaced by roach and perch. The above mentioned variations of the catches reflect the biomass changes of exploited species and are typical of species succession process connected with progressive eutrophication of a body of water. One cannot exclude however, the influence of other causes acting simultaneously.

АНДЖЭЙ КОМПОВСКИ, ВОЙТЕХ ПЕНЬКОВСКИ

ИЗМЕНЕНИЯ В УЛОВАХ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ В ПОЛЬСКОЙ ЧАСТИ ЩЕЦИНСКОГО ЗАЛИВА И ПОМЕРАНСКОЙ БУХТЫ В 1960-1985 ГГ.

Резюме

На основании анализа уловов пресноводных рыб в польской части Щецинского залива и Померанской бухты в исследованный период можно различить: 1) фазу сильного роста уловов (1960-1976), 2) фазу понижения уловов (1977–1985). Одновременно происходили большие измиенения видовой структуры уловов. В место доминирующих в начале леща, а также рыбы т.н. "выбора", т.е. щуки, угра, судака, налима и сырти появилась плотва и окунь. Эти изменения уловов, будущие отражением изменений биомассы отлавливаемых видов, носят характер прогрессивных изменений-типичных для прогресса эвтрофикации водоёма. Нельзя однако исключить влияния других причин, действующих параллельно с ростом трофикации.

PIŚMIENNICTWO

1. Chawchunowicz J.: *Wybrane determinanty regulacji i utrzymania morskich wód wewnętrznych w ujściu Odry*, [w:] Inst.Mor. Oddz. w Szczecinie, NOT Oddz. w Szczecinie, Konfer. Nauk.-Techn. pt.: *Wybrane elementy hydrotechniczne ujścia Odry do Bałtyku*, Szczecin 1984, s. 43-62. – 2. Dudziński S.: *Zmiany ichtiofauny jeziora Zioło jako wskaźnik postępującej eutrofizacji*, Roczn.Nauk Roln., ser. H, 99, 1, s. 81-96. – 3. Dunin-Kwinta I., Wengrzyn J.: *Czynniki eksploatacyjne kształtujące połowy na Zalewie Szczecińskim w 40-leciu PRL*, Techn. i Gospod.Morsk., 1985, nr 9, s. 453-455. – 4. Grzywacz J.: *Wpływ zanieczyszczeń na ichtiofaunę jez. Trląg*, Gospodarka Rybna, 1974, nr 2, s. 11-12. – 5. Kaczewiak C., Wolnomiejski N.: *Fosforany Wód Zalewu Szczecińskiego w aspekcie eutrofizacyjnym(1969-1973)*, [w:] *Badania hydrobiologiczne Bałtyku i Morza Północnego*, Studia i Materiały MIR, ser. A, 17, 1977. – 6. Kraczkiewicz W.: *Obserwacje nad wędrówkami sandacza Lucioperca lucioperca (L.) w rejonie ujścia Odry*, Przegl.

Zoolog., 1969, 13, 2, 191-195. – 7. Kraczkiewicz W.: *Sandacz Zalewu Szczecińskiego i jego znaczenie w gospodarce rybnej*, Część I, Gosp. Ryb., 1969, 9, s. 12-13. – 8. Morawski M. *Zmiany w strukturze ichtiofauny wód przybrzeżnych*, Studia i Materiały Oceanologiczne PAN, 1982, 39, 6. s. 173-193. – 9. Mutko T.: *Zanieczyszczenia wód Zalewu Szczecińskiego w latach 1962-1971*, Sympozjum z okazji dwudziestolecia Oddziału MIR w Świnoujściu, 1973, s 73-80. – 10. Mutko T.: *Zalew Szczeciński w aspekcie badań hydrochemicznych*, [w:] *Bałtyk i jego wody dopływowe*, PWN, Warszawa - Poznań 1979. –

11. Olsza E.: *Analiza połowów w Zalewie Szczecińskim w latach 1948-1971*, Sympozjum z okazji dwudziestolecia Oddziału MIR w Świnoujściu, 1973, s. 48-56. – 12. Pęczalska A.: *Z biologii rozrodu leszcza Zalewu Szczecińskiego i Zatoki Pomorskiej*, Pol.Arch.Hydrobiol., 1963, 11, 1, s. 109-139. – 13. Pęczalska A.: *Połowy płoci w Zalewie Szczecińskim w latach 1900-1967*, Gosp.Ryb. 1969, 4, s. 13-15. – 14. Pęczalska A.: *Ichtiofauna Zalewu Szczecińskiego, jej specyfika i zmiany zachodzące w składzie gatunkowym ryb w powojennym 25-leciu*, Symp.Nauk. z okazji Dwudziestolecia Oddz. MIR w Świnoujściu, 1973, s. 32-37. – 15. Pęczalska A., Kraczkiewicz W.: *Wyniki badań nad zasobami rybnymi i gospodarką rybacką na Zalewie Szczecińskim i Zatoce Pomorskiej*, [w:] *Ekosystemy morskie*, 1972, 4, s. 133-196. – 16. Prejs A.: *Eutrofizacja jezior a ichtiofauna*, Wiad.Ekol., 1978, 24, 3, s. 201-208. –17. Wiktor J.: *Wahania połowów sandacza na Zalewie Szczecińskim w latach 1950-54 i ich biologiczne przyczyny*, Prace MIR, 1957, 9, s. 259-296. – 18. Wiktor K.: *Zmiany w biocenozach wód przybrzeżnych i przyujściowych Bałtyku jako wynik wzrostu zanieczyszczenia*, PAN, Studia i Mater. Oceanol., Biol. Morza, 1976, 15. – 19. Wiktor K.: *Zmiany w biocenozie pod wpływem gospodarki człowieka*, [w:] Majewski A. [red.] *Zalew Szczeciński*, Warszawa 1980, s. 301-303. – 20. Zimdars U.: *Die Fischerei des Stettiner Haffs und seiner Nebengewässer, geographisch betrachtet*, Jahrbuch der Pommerschen Geographischen Gesellschaft, Greifswald 1941, 59/60.

Praca przyjęta przez redakcję 27 VI 1990.

SZCZECIŃSKIE ROCZNIKI NAUKOWE – ANNALES SCIENTIARUM STETINENSES
1992 t. VII, z. 1, s. 23 – 36

ZBIGNIEW PIESIK

MOŻLIWOŚĆ BIOLOGICZNEJ REKULTYWACJI ZALEWU SZCZECIŃSKIEGO

Instytut Badań Morza, Zakład Ochrony i Rewaloryzacji Wód,
Uniwersytet Szczeciński, ul. Felczaka 3a, 71-412 Szczecin

S t r e s z c z e n i e. Silny stopień zanieczyszczenia i eutrofizacji wód Zalewu Szczecińskiego jest jedną z zasadniczych przyczyn wystąpienia niekorzystnych zmian wśród zamieszkujących ten akwen hydrobiontów. W przeżyźnionych wodach zalewu masowo rozwijają się toksyczne sinice z rodzaju *Microcystis*, które poprzez wydalanie fitoncydów i alkalizację wód stanowią poważne zagrożenie dla organizmów występujących w tym estuarium. W celu ograniczenia negatywnych skutków procesu eutrofizacji autor proponuje wsiedlenie tołpygi pstrej (*Aristichthys nobilis Rich.*) oraz odtworzenie ginącej populacji racicznicy (*Dreissena polymorpha Pall.*) w Zalewie Szczecińskim. Zabiegi te mają na celu zużytkowanie nadmiernej produkcji pierwotnej, ograniczenie toksycznego oddziaływania *Microcystis* na hydrobionty oraz zakumulowanie części soli biogenicznych w ciele tołpyg i małży. Poprzez intensywne odławianie tołpygi część biogenów zostanie usunięta poza akwen (deutrofizacja).

S ł o w a k l u c z o w e: Zalew Szczeciński – estuarium Odry – eutrofizacja – rekultywacja wód – marikultura.

WSTĘP

Zalew Szczeciński, podobnie jak inne akweny i cieki wchodzące w skład estuarium odrzańskiego, jest zbiornikiem, w którym od lat siedemdziesiątych niebezpiecznie nasilił się proces eutrofizacji i zanieczyszczenia. Nadmierne użyźnienie (eutrofizacja) Zalewu Szczecińskiego spowodowane jest w głównej mierze odbiorem dużego ładunku substancji odżywczych (biogenów, nutrientów) z rzeki Odry. Decydujące znaczenie mają związki fosforu, a szczególnie fosforany. Odra poprzez Zalew Szczeciński wnosi do Bałtyku 2740 ton $P\text{-}PO_4$/rok, co stanowi 54,6% spływu fosforu do morza z terytorium naszego kraju [5]. Nadmierne ilości fosforu, m.in., przyczyniły się do powstawania w wodach zalewu silnych zakwitów fitoplanktonu [19, 20, 33]. Masowy rozwój fitoplanktonu obserwowany jest szczególnie w cieplejszej porze roku i tworzą go sinice z rodzaju *Microcystis*, który od 1983 r. uzyskał dominację wśród glonów planktonowych omawianego akwenu [19]. Silne zakwity sinicowe (*Microcystis*) w okresie

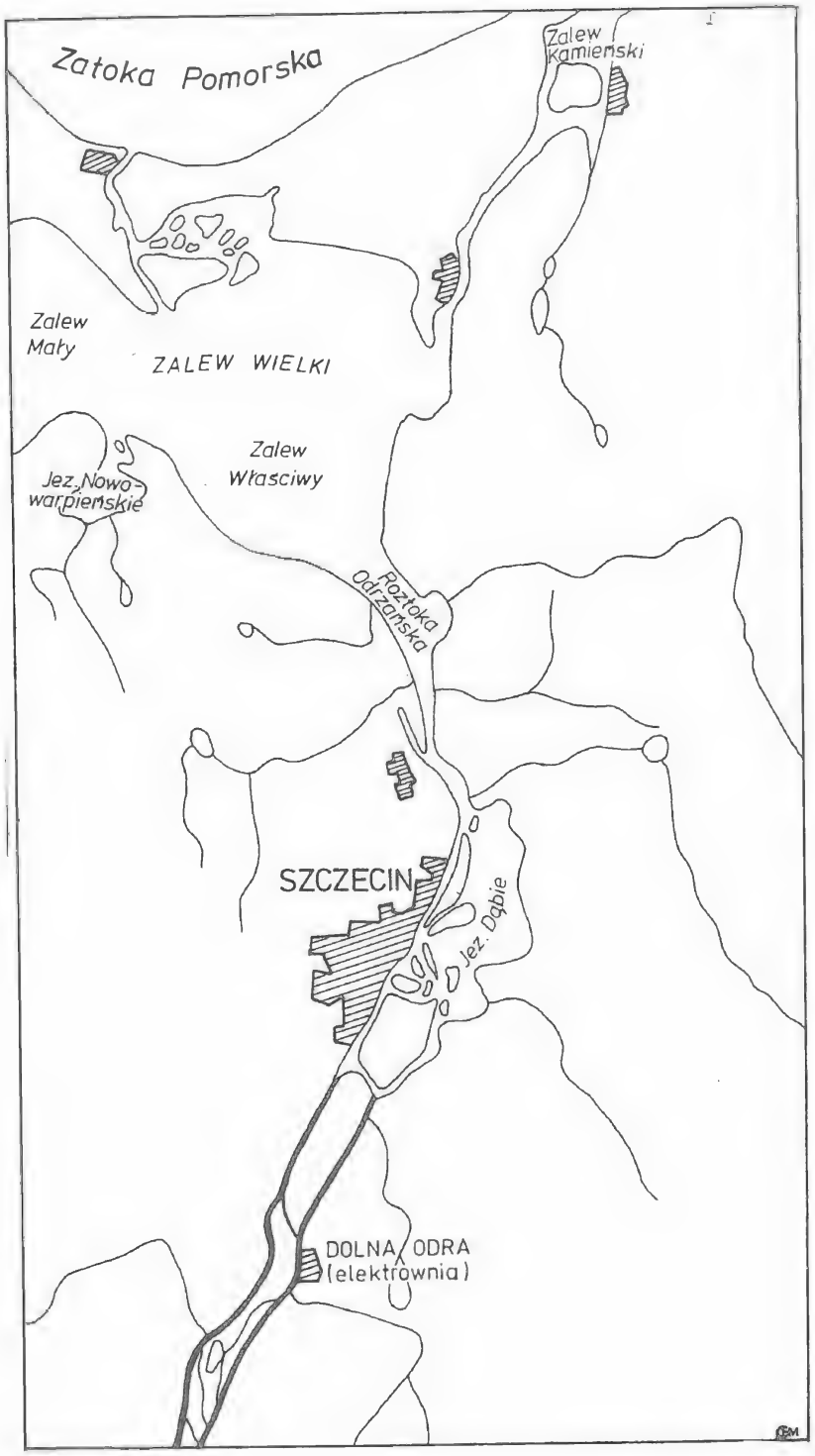
letnim stwarzają duże niebezpieczeństwo dla innych hydrobiontów zasiedlających wody Zalewu Szczecińskiego i przyczyniają się do ograniczania ich rozwoju lub wręcz eliminowania ich z tego akwenu. W wyniku przyżyciowej działalności *Microcystis aeruginosa Kütz.* wskutek intensywnego procesu fotosyntezy powoduje alkalizację wody, w skrajnych przypadkach do wartości pH 10,0 [9]. Między innymi działalność (alkalizacja wody, wydalanie fitoncydów) tej toksycznej sinicy doprowadziła do drastycznej redukcji populacji małża (*Dreissena polymorpha Pall.*) w Zalewie Wielkim (ryc. 1), zasadniczych przegrupowań jakościowych i ilościowych pozostałych komponentów: fitoplanktonu, zooplanktonu, bentosu oraz ichtiofauny [2, 3, 4, 10, 20, 34].

W sierpniu 1986 r. w płytkowodnej strefie Zalewu Wielkiego lokalnie stwierdzono śnięcia jazgarza i ciernika, spowodowane chorobą zasadową (alcalosis) przy pH wody w zakresie 9,2-9,7 [19].

Ze względu na narastający niebezpiecznie proces eutrofizacji i zanieczyszczania wód powierzchniowych opracowano szereg metod ich rekultywacji. Najbardziej rozpowszechnioną metodą rekultywacji wód powierzchniowych, głównie jezior, jest ich napowietrzanie, wywołujące sztuczną destratyfikację [7]. Z innych metod rekultywacji wód, mających charakter fizycznych lub chemicznych zabiegów, na uwagę zasługuje: odprowadzanie wód hypolimnionu, usuwanie, pokrywanie lub biochemiczne utlenianie osadów, usuwanie makrofitów itp. [11, 13, 14, 24]. Wśród nielicznych biologicznych metod rekultywacji wód wymienić można metodę czynnego podłoża, w której dla procesów doczyszczania i deutrofizacji wód wykorzystuje się organizmy porośłowe (fouling), zasiedlające sztuczne ażurowe podłoża umieszczane w środowisku wodnym [16, 17, 29, 30, 31]. Możliwości wykorzystania czynnego podłoża dla rekultywacji zanieczyszczonych lub silnie zdegradowanych morskich wód osłoniętych i przybrzeżnych przedstawiają: Piesik [18] oraz Piesik i Wawrzyniak, a także Piesik, Piotrowski i Osadczuk [21].

Narastający stopień eutrofizacji, zanieczyszczenia oraz pogarszania się jakości wody dla potrzeb gospodarki rybackiej, przemysłu, rekreacji oraz silny stopień zagrożenia ekologicznego Zalewu Szczecińskiego wskazuje na potrzebę wykonania badań w szerszym zakresie, a szczególnie metod dotyczących ochrony i rekultywacji tego akwenu. Terminem „rekultywacja wód" określa autor zabiegi zmierzające do przywrócenia równowagi biologicznej i pełnej wartości użytkowej zdegradowanych wód powierzchniowych.

Prezentowane opracowanie ma na celu przedstawienie propozycji biologicznej metody rekultywacji wód Zalewu Szczecińskiego poprzez sterowaną, ekstensywną hodowlę tołpygi pstrej oraz odtworzenie populacji małża (*Dreissena polymorpha Pall.*). Powyższe zabiegi mają na celu zużytkowanie nadmiernej produkcji pierwotnej (fitoplanktonu), osłabienie zakwitów sinicy z rodzaju *Microcystis* oraz częściowe wyeliminowanie



Ryc. 1. Zalew Szczeciński i rejon ujścia Odry

biogenów z wody poprzez ich kumulację w biomasie tołpygi i racicznicy (*Dreissena*). Związki fosforu i azotu zakumulowane w ciele ryb poprzez ich intensywny odłów zostaną usunięte poza środowisko wodne, co przyczyni się do częściowej deeutrofizacji wód Zalewu Szczecińskiego. Pozyskane tołpygi mogą również przynieść korzystne efekty gospodarcze w postaci nowego asortymentu pozyskiwanego z zalewu.

EUTROFIZACJA ZALEWU SZCZECIŃSKIEGO

Nadmierne użyźnienie (eutrofizacja) wód Zalewu Szczecińskiego jest jedną z zasadniczych przyczyn zakłócania równowagi biologicznej, znacznych zmian fizyczno-chemicznych wód oraz zmian biotycznych. Szczególne niebezpieczeństwo stwarzają duże ładunki związków fosforu wnoszone do zalewu. O znacznym wzroście stężenia fosforu w wodzie Zalewu Szczecińskiego donosi już w latach 1954-1955 Wiktor i Zembrzuska [36]. Dane te w latach 1967-1976 potwierdza Mutko [9]. Tadajewski [33] w okresie sierpnia 1984 r. stwierdził zawartość fosforu w tym akwenie od 0,30 do 0,76 mg $P\text{-}PO_4/dcm^3$. W sierpniu zawartość fosforu w wodach zalewu wahała się od 0,84 do 1,2 mg $P\text{-}PO_4/dcm^3$. Sole odżywcze, w tym związki fosforu, dostarczane są do Zalewu Szczecińskiego w sposób ciągły, co zdecydowanie wpływa na występowanie w tym akwenie intensywnych zakwitów fitoplanktonu. Według danych Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska Urzędu Wojewódzkiego w Szczecinie wraz z dopływami dostaje się do zalewu znaczny ładunek fosforu; zrzucają je: rzeka Odra – 18 t/dobę (47-54%), dopływy ścieków ze Szczecina i Polic – 14t/dobę (30-42%), rzeka Gunica – 0,7 t/dobę (1,8-2,0%), Zakłady Chemiczne Police – 0,3-0,5 t/dobę (1,0-1,7%). Przytoczone niektóre dane, dotyczące zawartości fosforu w Zalewie Szczecińskim oraz ładunków tego związku wnoszonego do zalewu, wskazują jednoznacznie na silnie postępujący proces eutrofizacji omawianego akwenu.

Według Vollenweidera przy orientacyjnych stężeniach: 0,01 mg P/dcm^3 oraz przy 0,3 mg/dcm^3 azotu nieorganicznego podczas cyrkulacji wiosennej można spodziewać się zakwitu fitoplanktonu. Niebezpieczny ładunek fosforu w Zalewie Szczecińskim jest między innymi główną przyczyną powstawania od czerwca do października intensywnych „zakwitów" sinic w omawianym akwenie. „Zakwity" wywoływane są głównie przez *Microcystis aeruginosa Kütz*. Można przypuszczać, że na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych wystąpiły w Zalewie Szczecińskim dogodne warunki dla rozwoju *Microcystis*. Omawiane sinice są organizmami o znacznym stopniu „plastyczności" do warunków środowiskowych, przyswajając azot zarówno w postaci azotynów, azotanów, amoniaku, również wykorzystując aminokwasy wnoszone ze ściekami. Z tych względów, pomimo ich masowego występowania, nie wyczerpują związków azotu do końca, co ograniczyłoby ich rozwój. Z drugiej strony związki azotu w

Zalewie Szczecińskim są w sposób ciągły uzupełniane przez wody Odry i ścieki Zakładów Chemicznych Police. Od roku 1970 stwierdzono 100% wzrost stężeń azotu w Zalewie Szczecińskim. Średnie roczne stężenie azotu w 1981 roku wynosiło w tym akwenie 1,82 mg N/dcm^3 [10]. Dominująca w zalewie sinica (*Microcystis aeruginosa*) znajduje najdogodniejsze warunki do rozwoju w zakresie temperatur od 17 do 26°C. Zakwity sinic w rodzaju *Microcystis* produkują, w okresie od czerwca do października ogromną biomasę, która jest wykorzystywana w niewielkim stopniu przez zooplankton; po obumarciu fitoplankton podlega intensywnemu procesowi gnilnemu w toni wodnej lub na dnie zbiornika. Proces ten znacznie pogarsza w Zalewie Szczecińskim warunki środowiskowe, w wyniku uwalniania z martwych glonów endotoksyn, mineralnych postaci biogenów (N i P) itp.

Omawiane glony w wyniku różnorodnego oddziaływania na organizmy żywe przyczyniają się do ograniczania ich rozwoju lub eliminowania ich z zalewu.

Przyżyciowe wydalanie substancji organicznych do środowiska przez sinice jest procesem znanym [25]. Wydalone przez te rośliny metabolity negatywnie wpływają na rozwój innych organizmów również w sposób toksyczny. Sinice z rodzaju *Microcystis* produkują endotoksyny zawierające hydroksylaminę [23], które są wydalane do wody przyżyciowo przy wysokiej temperaturze, szczególnie w obecności związków siarki. Innym sposobem oddziaływania sinic na hydrobionty jest produkowanie związków organicznych, które po przedostaniu się do organizmów zwierzęcych, np. ryb, powodują nasilenie aktywności enzymu rozkładającego witaminę B_1 (tiaminę), prowadząc do awitaminozy. Shelubsky, cyt. za Prost [23], przypuszcza, że tiaminaza jest produkowana i wydalana również przez same sinice.

Endotoksyny te przedostają się do wody również po obumarciu glonów w wyniku ich gnilnego rozkładu. Związki te są szczególnie niebezpieczne dla ryb [23, 28]. Należy nadmienić, że do Zalewu Szczecińskiego wnoszony jest znaczny ładunek siarczanów, głównie przez Zakłady Chemiczne w Policach. Z tych względów przy temperaturze wody przekraczającej 18°C należy spodziewać się w zalewie negatywnego oddziaływania *Microcystis* poprzez wydalanie endotoksyn. Według Spodniewskiej [25] *Microcystis* należy do najbardziej toksycznych przedstawicieli sinic w naszej strefie geograficznej. Wg tej autorki jednym z czynników decydujących o masowym rozwoju tych sinic jest odczyn wody w granicach pH 8,0-9,5. Bardziej szczegółowe badania laboratoryjne wykonane przez Chu/Liebmann [6] wykazały bezpośrednią relację pomiędzy przyrostem biomasy *Microcystis* a pH wody:

pH wody	6	7	8	9	10	11
Microcystis (s.m.)	1,8	4,5	14,5	30,4	64,0	17,7

Z powyższych danych wynika, że najkorzystniejsze dla rozwoju warun-

ki znajduje *Microcystis aeruginosa* przy odczynie wody: pH 10. Według badań prowadzonych przez Piesika i Świerczyńskiego [20] w estuarium Odry w wodach Zalewu Właściwego, gdzie w okresie letnim stwierdzono silne „zakwity" *Microcystis* pH wody było sprzyjające dla rozwoju tych sinic. Wartość pH w Zalewie Właściwym w okresie letnim 1986 r. wynosiła średnio – w lipcu 8,7, w sierpniu – 8,8 oraz w październiku – 8,5. We wszystkich omawianych miesiącach maksymalne wartości przekraczały pH 9,0 (pH 9,0-9,7). Można przypuszczać, że przy wzrastającym w zalewie stężeniu fosforanów i wysokich temperaturach wody, przekraczających 18°C, glony te mogą doprowadzić odczyn wody powyżej pH 10, co przyczyni się do wyeliminowania większości gatunków hydrobiontów, w tym płoci stanowiącej podstawę gospodarki rybackiej na Zalewie Szczecińskim (letalna wartość pH dla płoci wynosi 10,4). Wyginą również raki i inne hydrobionty. Maksymalne wartości odczynu wody w Zalewie Szczecińskim w ostatnich latach przekraczały wartość pH 10 [10], a wysoką wartość odczynu wody pH 9,7 zarejestrowano już w zalewie w 1975 r. [9]. Alkalizacja wody w Zalewie Szczecińskim i innych akwenach estuarium odrzańskiego spowodowana jest głównie przyżyciową działalnością *Microcystis*. Wartość pH wody podnoszona jest w wyniku intensywnego procesu fotosyntezy występujących masowo *Microcystis* (czynnik biotyczny). Rozpuszczony w wodzie CO_2 znajduje się w równowadze dynamicznej z kwasem węglowym, który podlega dysocjacji [12]. W wyniku przeprowadzonej na masową skalę fotosyntezy w zalewie *Microcystis* zużywa różne postacie węglanów, powodując „odkwaszanie" wody. W ten przyżyciowy sposób *Microcystis* „sam sobie" stwarza dogodniejsze warunki do rozwoju, ograniczając zarazem rozwój innych taksonów fitoplanktonu oraz taksonów zwierzęcych pozyskujących go drogą sedymentacji i filtracji, np. zooplanktonu czy małży (*Dreissena*). Podnoszenie pH wody powyżej 10 w Zalewie Szczecińskim oraz innych akwenach estuarium odrzańskiego może przyczynić się do wystąpienia choroby zasadowej (*alcalosis*), objawiającej się w krańcowej postaci ustąpieniem fauny wodnej. Z danych Piesika i innych [19] wynika, że w 1986 r. w okresie letnim (lipiec, sierpień) zagrożenie chorobą zasadową w Zalewie Właściwym wystąpiło na powierzchni od 16,5 do 20% (pH powyżej 9,0). W trakcie omawianych badań stwierdzono w sierpniu 1986 r. w południowo-zachodniej części Zalewu Wielkiego masowe, lokalne śnięcia jazgarza, przy pH wody w zakresie 9,2-9,7. Podobne śnięcia odnotowano w jeziorze Nowowarpieńskim i dotyczyły one ciernika. Należy z uwagą podkreślić, że odczyn wody przekraczający pH 8,8 stanowi wartość subletalną dla wielu gatunków fauny zalewu, wpływającą zapewne na żerowanie, behawior, rozrodczość, rozwój pozarodkowy itd. niekorzystnie.

O intensywności „zakwitów" i wzrastającym stopniu eutrofizacji zalewu w określonym stopniu świadczą wartości przeźroczystości wody. W latach pięćdziesiątych [8] i osiemdziesiątych [20] w Zalewie Szczecińskim widzialność krążka Secchiego w wybranych miesiącach przedstawiono w

tabeli 1. Z powyższych danych wynika, że w porównaniu z latami pięćdziesiątymi przezroczystość wody w obu wymienionych częściach zalewu znacznie zmalała, np. w lipcu w Zalewie Właściwym o 50,4%, a w Roztoce Odrzańskiej o 48,0%.

Tabela 1. Widzialność krążka Secchiego w latach pięćdziesiątych (wg Majewskiego [6]) i osiemdziesiątych (wg Piesika i Świerczyńskiego [20]) w Zalewie Szczecińskim

Miesiąc	Widzialność krążka Secchiego (m)			
	Zalew Właściwy		Roztoka Odrzańska	
	lata 1950-te	r. 1986	lata 1950-te	r. 1986
Lipiec	1,2	0,6	1,3	0,6
Sierpień	1,2	0,9	1,3	0,9
Październik	1,7	1,3	1,8	0,8

Sinice z rodzaju *Microcystis* (*M. aeruginosa Kütz, M. viridis lemm., M. pulverea Migul.*) w latach 1955-1956 w Zalewie Szczecińskim nigdy nie występowały w znaczącej liczebności [36]. O silnym rozwoju *Microcystis* w wodach zalewu świadczą dane Świerczyńskiego, Kolasy i Kadeli [32]. Autorzy ci stwierdzili w 1983 r.liczebność tej sinicy w zalewie dochodzącą do 6 563 000 kolonii/dcm^3 wody.

Obfitość fitoplanktonu, słabo wykorzystanego przez zooplankton, stworzyła sprzyjające warunki do rozwoju makrobentosu. Badania Gizińskiego dotyczące liczebności makrobentosu w latach 1975-1976 wykazały 20-krotny wzrost jego liczebności w porównaniu z danymi Wiktora [34]. O dalszym wzroście liczebności makrobentosu w Zalewie Szczecińskim (średnio 13 127 osobn./m^2) donosi Drzycimski [2]. Zaobserwowano również znaczące zmiany jakościowe i ilościowe ichtiofauny w omawianym akwenie. Od lat sześćdziesiątych stwierdzono stały spadek połowów węgorza i sandacza oraz prawie całkowity zanik szczupaka, certy i bolenia. W wodach Zalewu Szczecińskiego od 1968 r. zaznaczył się rozwój płoci i okonia, które obecnie dominują w połowach [4].

W Zalewie Właściwym nastąpił również drastyczny spadek liczebności *Dreissena polymorpha Pall.* [20]. W latach sześćdziesiątych małż ten zdecydowanie dominował pod względem biomasy w bentosie zalewu. Populacja tego małża poprzez biofiltrację, biosedymentację oraz biokumulację węglanu wapnia i biogenów odgrywła istotną rolę ekologiczną w Zalewie Szczecińskim. *Dreissena* stanowiła również bazę pokarmową dla raków, węgorza oraz ptactwa wodnego. Małż ten był głównym konsumentem fitoplanktonu, ograniczającym zakwity w wodach Zalewu Szczecińskiego. W latach sześćdziesiątych populacja tego małża przefiltrowywała wody zalewu (bez przepływu, tj. objętości równej średniej objętości akwenu) w ciągu 36 dni [35]. Ustępowanie *Dreissena* z Zalewu Szczecińskiego należy

uznać za jeden z istotnych czynników sprzyjających rozwojowi *Microcystis*. Badania Piesika i Świerczyńskiego (20) oraz Świerczyńskiego, Kadeli i Kolasy [32] wykazały 34-krotny spadek liczebności *Dreissena* w latach osiemdziesiątych w porównaniu z liczebnością tego małża w latach sześćdziesiątych.

Powyższe dane jednoznacznie wskazują na fakt bardzo silnej eutrofizacji Zalewu Szczecińskiego oraz ekologiczne zagrożenie tego akwenu.

MOŻLIWOŚCI BIOLOGICZNEJ REKULTYWACJI ZALEWU SZCZECIŃSKIEGO POPRZEZ STEROWNĄ, EKSTENSYWNĄ HODOWLĘ TOŁPYGI PSTREJ *(ARISTICHTHYS NOBILIS RICH.)*

T o ł p y g a p s t r a, obok tołpygi białej i amura, jest jednym z trzech gatunków ryb roślinożernych pochodzenia azjatyckiego, wprowadzonych do naszych wód. Tołpygę pstrą sprowadzono do Polski w latach 1964-1969 z północnego Kaukazu. Ze względu na wymagania termiczne tołpyga pstra w naturalny sposób nie rozmnaża się w naszych wodach. *Aristichthys nobilis* odżywia się większą frakcją planktonu odcedzonego z toni wody. W pierwszym roku narybek odławia bioseston wielkości od 8 do 40μm. Udział zooplanktonu w pokarmie narybku może dochodzić do 50% [27]. Starsze osobniki tołpygi pstrej odławiają zooplankton wielkości 80-100 μm lub nawet większy (wrotki, skorupiaki planktonowe oraz widoczne gołym okiem komórki sinic [1]). Z tych względów można przypuszczać, że tołpyga pstra pozyskuje pokarm drogą filtracji wody poprzez aparat skrzelowy. Wyrostki filtracyjne mają kształt równolegle ustawionych płatków skrzelowych zlokalizowanych na łukach skrzelowych. Omawiane własności filtru skrzelowego tołpygi pstrej stwarzają możliwość selektywnego odławiania z wody glonów z rodzaju *Microcystis* i eliminowania go z wód Zalewu Szczecińskiego. Przypuszczalnie tempo filtracji wody tołpygi pstrej jest zbliżone do filtracji wody przez tołpygę białą. Według badaczy radzieckich tołpyga biała o ciężarze 0,25 kg przefiltrowuje około 32 dcm^3 wody/dobę. Z wody jeziornej potrafi tołpyga biała odcedzić do 1300 mg glonów przy koncentracji 45 mg/dcm^3 wody [1]. Obszar estuarium odrzańskiego (ryc. 1) ze względu na bardzo wysoką liczebność fitoplanktonu, a szczególnie jego większej frakcji utworzonej przez sinice, stwarza dogodną bazę pokarmową dla tołpygi pstrej. Z ekologicznego punktu widzenia tołpyga pstra w Zalewie Szczecińskim będzie odgrywała rolę zbliżoną do *Dreissena*, uczestnicząc w procesie biofiltracji, biosedymentacji oraz biokumulacji soli mineralnych uprzednio pozyskanych przez glony. Przyżyciowa działalność tołpygi będzie miała istotną rolę w kształtowaniu różnych czynników oddziałujących w zalewie na organizmy żywe. Częściowe eliminowanie z wody sinic z rodzaju *Microcystis* może w określonym stopniu, w zależności od liczebności tołpygi, przyczynić się do

ponownej dominacji okrzemek w fitoplanktonie Zalewu Szczecińskiego. Badania Piesika i Świerczyńskiego [20] oraz Świerczyńskiego, Kadeli i Kolasy [32] wykazały, że w latach 1983, 1984, 1986 *Microcystis* w okresie sierpnia w różnych latach na przemian z okrzemkami z rodz. *Melosira* uzyskuje dominację w fitoplanktonie omawianego akwenu. Eliminowanie *Microcystis* z toni wody będzie miało znaczny wpływ na ograniczenie toksycznego oddziaływania tych sinic na hydrobionty i wpłynie na obniżanie się odczynu wody, co zmniejszy zagrożenie występowania choroby zasadowej (*alcalosis*).

Istotne znaczenie dla deeutrofizacji wód Zalewu Szczecińskiego może mieć również proces biokumulacji biogenów w biomasie tołpygi. Biogeny uprzednio wyeliminowane z wody i zakumulowane w fitoplanktonie zostają częściowo wbudowane w ciało tołpyg. Poprzez intensywny odłów tołpygi związki azotu i fosforu zostaną usunięte poza zbiornik.

Zalew Szczeciński i inne akweny estuarium odrzańskiego, ze względu na silną eutrofizację i związaną z tym nadmierną produkcją fitoplanktonu o większych rozmiarach, nadaje się do zarybienia tołpygą pstrą. Niewielka głębokość zalewu stwarza względnie dobre warunki termiczne w naszej strefie geograficznej dla przyrostu tołpygi w okresie letnim. Zarybienie tołpygą pstrą estuarium odrzańskiego nie ma charakteru wsiedlenia nowego gatunku, ponieważ nieliczne okazy tołpygi były już odławiane z omawianego akwenu (inf. ustna). Określenie sposobu zarybienia tołpygą pstrą Zalewu Szczecińskiego dla celów rekultywacji wód oraz hodowli jest zagadnieniem trudnym. Ze względów hodowlanych za najbardziej prawidłowe można przyjąć zarybienie wydzielonych obszarów Zalewu Szczecińskiego tołpygami 2-3 letnimi. Taki sposób gwarantuje najmniejsze straty materiału, szczególnie wynikające z presji drapieżnictwa.

Zarybienie materiałem 2-3-letnim znacznego obszaru (powierzchnia Zalewu Szczecińskiego wynosi 686,9 km^2) w naszych warunkach jest mało realne ze względów ekonomicznych oraz możliwości zakupu odpowiedniej ilości materiału zarybieniowego. Powyższe uwagi odnoszą się również do zarybienia zalewu jednorocznymi tołpygami (około 30 g). Umieszczenie w zalewie wylęgu lub wylęgu żerującego ma małe szanse powodzenia. Wody zalewu są zamieszkane przez liczną populację okonia, sandacza, jazgarza i inne drapieżne ryby, które mogą wyżerować wsiedlony wylęg. Z powyższych względów proponuje się zarybienie znacznie mniejszego pod względem powierzchni (56 km^2) i dogodniejszego do kontroli jez. Dąbie (ryc. 1). Akwen ten podobnie jak Zalew Szczeciński charakteryzuje się silnym stopniem eutrofizacji, zakwitami *Microcystis* w okresie letnim. Jezioro Dąbie stwarza podobne warunki termiczne (średnia głębokość 4,2 m) oraz zasilane jest głównie wodami rzeki Odry. Omawiane jezioro zamieszkuje znacznie uboższa pod względem ilościowym ichtiofauna drapieżna (okoń, sandacz itp.), co będzie miało zasadniczy wpływ na presję drapieżnictwa na wsiedlony narybek tołpygi pstrej. W przypadku

uciekania tołpygi istnieje możliwość odgrodzenia akwenu, np. poprzez bariery utworzone z pęcherzyków powietrza, co nie ma wpływu na ograniczenie dróg wodnych. Podchowane w jez. Dąbie tołpygi w drugim roku można będzie odławiać i przemieszczać do Zalewu Szczecińskiego lub akwen ten będzie zarybiany poprzez uciekające z jeziora do zalewu starsze tołpygi. Można przypuszczać, że w przypadku ucieczek tołpyg w górę rzeki Odry ryby te bedą się gromadziły w ciepłym kanale Elektrowni Dolna Odra (ryc. 1), skąd po odłowieniu można je przemieszczać do Zalewu Szczecińskiego.

Wprowadzenie znaczniejszej ilości tołpygi pstrej winno być uczynione z najwyższą ostrożnością. Z tych względów proponuje się po wstępnych badaniach nad pokarmem, wzrostem, przyrostem ciężaru, stanem zdrowotnym wsiedlić w pierwszym okresie docelowo obsadę, która w 5 roku da liczebność tołpygi pstrej w ilości 6 szt./ha. Następnie na podstawie obserwacji hydrobiologicznych (liczebność fitoplanktonu, bentosu, ichtiofauny oraz badań hydrochemicznych) można zwiększać, w zależności od potrzeb, obsadę tołpygi pstrej w Zalewie Szczecińskim.

Przedsięwzięcie to wymaga zbudowania ośrodka zarybieniowego wykorzystującego ciepłe wody Elektrowni „Dolna Odra" pod Szczecinem (ryc. 1). Ośrodek zarybieniowy oprócz zaspokajania potrzeb zarybienia tołpygami Zalewu Szczecińskiego zapewne jest niezbędny dla produkcji materiału zarybieniowego ryb roślinożernych dla północno-zachodniego obszaru Polski. Udane zarybienie tołpygą pstrą Zalewu Szczecińskiego i pozostałych części estuarium odrzańskiego może przynieść korzystne efekty ekonomiczne w postaci nowego, pozyskiwanego asortymentu handlowego. Omawiany gatunek charakteryzuje się szybkim wzrostem: 1 rok – 30 g, 2 rok – 300 g, 3 rok – 1100 g, 4 rok – 2200 g, 5 rok – 3600 g, 6 rok – 5000 g. Pozyskanie dodatkowej biomasy ryb z Zalewu Szczecińskiego oraz pozytywne oddziaływanie tołpygi pstrej na warunki ekologiczne w tym akwenie wskazuje na celowość intensywnej hodowli omawianego gatunku ryby.

W przypadku udanej próby ograniczenia zakwitu sinic oraz zmian w obrębie fitoplanktonu na korzyść okrzemek należy rozpatrzyć wsiedlenie do Zalewu Szczecińskiego również t o ł p y g i b i a ł e j, mające na celu wykorzystanie nadmiernej produkcji fitoplanktonu i wykorzystanie go tą drogą dla celów gospodarki rybackiej i ochrony wód.

R a c i c z n i c a z m i e n n a (*Dreissena polymorpha Pall.*) w latach sześćdziesiątych odgrywała szczególną rolę ekologiczną w Zalewie Szczecińskim [35]. Małż ten w wyniku przyżyciowej działalności w znaczącym stopniu wpływał na seston, tworzenie się osadów, własności fizyczno-chemiczne wody oraz na hydrobionty [26, 35]. Zwarte zespoły racicznicy zasiedlały wówczas 10% powierzchni dna (47 km^2). Biomasa *Dreissena* dochodziła do 110 000 ton w polskiej części zalewu. Maksymalna liczebność tego małża w zalewie dochodziła wyjątkowo do 114 000 osobn./m^2

dna. W okresie letnim populacja racicznicy była w stanie przefiltrować wody Zalewu Szczecińskiego w ciągu 36 dni, eliminując z wody znaczne ilości sestonu, w tym fitoplankton [35]. W procesie biosedymentacji *Dreissena* wytrącała na dno w postaci odchodów i pseudofekalii 53 tony/h. Małż ten stanowił również bazę pokarmową dla raków, płoci, węgorza i ptactwa wodnego [15, 22, 26, 29, 35]. *Dreissena* poprzez proces biokumulacji eliminowała z toni wodnej (poprzez glony) znaczne ilości związków fosforu i azotu. W muszlach racicznic zakumulowane są duże ilości $CaCO_3$. Na przykład w wodach Roztoki Odrzańskiej w 1983 roku populacja *Dreissena* kumulowała: 1212 ton $CaCO_3$, 156,6 ton N oraz 4,8 ton P_2O_5 [32]. Badania Piesika i Świerczyńskiego [20] oraz Świerczyńskiego, Kadeli i Kolasy [32] wykazały znaczny stopień redukcji populacji *Dreissena* w Zalewie Wielkim. W porównaniu z latami sześćdziesiątymi liczebność małży (*Dreissena*) w tym akwenie zmalała z 12 000 osobn./m^2 dna [35] do około 300 osobn./m^2. Ta drastyczna redukcja populacji *Dreissena* wywołana była prawdopodobnie niekorzystnymi zmianami odczynu wody w zalewie (wartość letalna dla *Dreissena* wynosi 9,2).

Jak wykazano wcześniej, w wyniku wsiedlenia tołpygi pstrej istnieje możliwość ograniczenia zakwitów *Microcystis*, a tym samym obniżenie odczynu wody i oddziaływania toksyn tego glonu. Po uzyskaniu omawianego efektu można podjąć próbę sztucznego odtworzenia populacji *Dreissena* w Zalewie Wielkim. W obszarach, gdzie uprzednio występowała racicznica, można zainstalować wycofane z eksploatacji stylonowe sieci rybackie, które posłużą za „kolektory" dla pelagicznych larw racicznicy (*postveliger*). Larwy te zasiedlają masowo omawiane podłoże (do 573 000 larw/m^2 sieci) [17]. W trakcie wzrostu młodocianych małży w sieci następuje (w wyniku tej konkurencji) eliminowanie ich częściowo z podłoża, lecz opadające małże pod barierami utworzonymi z sieci odtworzą kolonie *Dreissena*. Tą drogą nastąpiłoby dosiedlanie dna w ciągu całego okresu rozrodczego racicznicy. Działanie barier zastępuje w wytyczonych miejscach rolę, jaką spełniają makrofity (głównie trzcina) w odtwarzaniu populacji *Dreissena*. Zastosowanie sieci dla odtworzenia populacji omawianych małży jest jednym ze sposobów wykorzystania metody „czynnego podłoża", opracowanej w Zakładzie Hydrobiologii Akademii Rolniczej w Szczecinie [16, 17, 29, 30, 31].

WNIOSKI

1. Zalew Szczeciński jest akwenem słonawowodnym, w którym od lat siedemdziesiątych niebezpiecznie nasilił się proces eutrofizacji i zanieczyszczenia.
2. W wyniku eutrofizacji i zanieczyszczenia stwierdzono w zalewie pogorszenie się jakości wody oraz znaczne jakościowe i ilościowe zmiany wśród hydrobiontów, aż do ustąpienia niektórych gatunków z tego akwenu.

3. W przeżyźnionych wodach Zalewu Szczecińskiego w cieplejszej porze roku dochodzi do masowego rozwoju (zakwity) toksycznych sinic z rodzaju *Microcystis*.
4. W wyniku przyżyciowego oddziaływania masowo rozwijającego się *Microcystis* dochodzi do silnej alkalizacji wody (do pH 10,0), wpływającej niekorzystnie na rozwój szeregu hydrobiontów, a w skrajnych przypadkach do lokalnego wystąpienia choroby zasadowej (alcalosis), wywołującej śnięcie jazgarza i ciernika.
5. *Microcystis* wydala z wody fitoncydy, a po obumarciu także inne szkodliwe substancje, wpływające negatywnie na pozostałe organizmy zamieszkujące zalew.
6. W celu zużytkowania nadmiernej produkcji pierwotnej wytworzonej w wodach Zalewu Szczecińskiego przez toksyczne sinice, w małym stopniu wykorzystywanej przez zwierzęta, zaproponowano wsiedlenie tołpygi pstrej. Ryby tego gatunku selektywnie odżywiają się biosestonem w zakresie wielkości *Microcystis* i mogą ograniczyć niekorzystne oddziaływanie tej sinicy na jakość wód i hydrobionty.
7. Ekstensywna hodowla tołpygi pstrej w Zalewie Szczecińskim może przynieść korzyści gospodarcze oraz wpłynąć na rozwój rybołówstwa w tym zakresie.
8. W przypadku uzyskania zamierzonych efektów, polegających na obniżeniu odczynu wody, ograniczeniu rozwoju *Microcystis* na korzyść okrzemek, proponuje się odtworzenie ginącej w zalewie populacji racicznicy (*Dreissena*), która do lat sześćdziesiątych odgrywała zasadniczą pozytywną rolę ekologiczną w Zalewie Szczecińskim.
9. W wyniku sterowanego rozwoju tołpygi pstrej oraz racicznicy nastąpi w biomasie tych zwierząt zakumulowanie znacznych ilości biogenów, których wyeliminowanie z toni wody przyczyni się do ograniczenia intensywnych zakwitów sinic.
10. Poprzez masowy odłów tołpygi zostaną związki fosforu i azotu, zakumulowane w ciele ryb, usunięte poza środowisko wodne (deutrofizacja).
11. Zastosowanie opisywanej metody rekultywacji wód winno być poprzedzone szczegółowymi badaniami, mającymi na celu określenie ekologicznej roli tołpygi pstrej w Zalewie Szczecińskim oraz badaniami określającymi przyrost długości i ciężaru ciała tej ryby dla celów hodowlanych.

ZBIGNIEW PIESIK

THE POSSIBILITY OF BIOLOGICAL RECLAMATION OF THE SZCZECIN LAGOON

Summary

A substantial degree of contamination and eutrophication of the Szczecin Lagoon waters is one of the basic reasons of negative changes of hydrobionts living in this reservoir. The excessively fertile water of the Lagoon facilitates massive development of the toxic blue algae such as *Microcystis* which by expelling phytoncides and the alkalization of water constitute a serious threat to organisms found in this estuary. In order to reduce negative effects of the eutrophication process the writer proposes stocking the Lagoon with *Aristichthys nobilis Rich.* and the reproduction of dying population of the Zebra mussel (*Dreissena polymorpha Pall.*).These measures aim at the utilization of excessive primary production, the limitation of toxic effect of the *Microcystis* on hydrobionts and the accumulation of a part of nutrients in the bodies of *Aristichthys* and mussels. Partially, then, nutrients will be removed from the Lagoon waters through intensive harvesting of *Aristichthys* (deutrophication).

ЗБИГНЕВ ПЕСИК

ВОЗМОЖНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЩЕЦИНСКОГО ЗАЛИВА

Резюме

Большая степень загрязнения и эутрофии воды Щецинского залива это одна из основных причин появления отрицательных изменений среди выступающих в этой акватории гидробионтов. В чрезмерно плодородных водах залива целыми массами развивается токсический цианоз в роде микроцистис, который из-за выделяния фитонциодов и алкализации воды становятся опасными для организмов выступающих в этом эстуарие. С целью ограничения отрицательных следствий процесса эуторофии автор предлагает разведение толпыги пёстрой (*Aristichthys nobilis Rich.*), а также восстановление исчезающей популяции (*Dreissena polymorpha Pall.*) в Щецинском заливе. Цель этих стараний это израсходование излишнего первичного производства, ограничение токсичного влияния *Microcystis* на гидробионты, а также накопление биогенной соли в теле толпыги и двустворчатых маллюсок. Путём интенсивных уловов толпыги часть биогенов будет удалена за акваторию (дейтрофизация).

PIŚMIENNICTWO

1. Antalfi A., Tölg I.: *Ryby roślinożerne*, PWRiL, Warszawa 1975, s. 269 – 2. Drzycimski I.: *Niekorzystne zmiany w biocenozie zalewu*, Aura, 1986 nr 7, s. 10-11. – 3. Giziński A., Jagodzińska M., Wolnomiejski N., Grygiel I.: *Zoobenthos of the moddy are as of Szczecin Lagoon*, Acta Univ. Nicolai Copernici, 1980, 48, s. 41-59. – 4. Kompowski A., Pieńkowski W.: *Zmiany w połowach ryb na Zalewie Szczecińskim w ostatnim dziesięcioleciu*, [w:] *Materiały XIII Zjazdu Hydrobiologów Polskich*, Szczecin 1986, s. 97–98.– 5. Korzeniowski K.: *Polska strefa Bałtyku – próba bilansu zanieczyszczeń*, [w:] *Materiały XIII Zjazdu Hydrobiologów Polskich*, Szczecin 1986, s. 100-101. – 6. Liebman H.: *Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie*, II, München 1960. – 7. Lossow K.: *Wpływ sztucznej destratyfikacji na układy fizyczno-chemiczne wód Jeziora Starodworskiego*, Zesz.Nauk.ART Olsztyn, 1980, 11, s. 3-66. – 8. Majewski A.: *Zalew Szczeciński*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980.

– 9. Mutko T.: *Zalew Szczeciński w aspekcie badań hydrochemicznych*, [w:] *Materiały – Bałtyk i jego dopływy*, PWN, Warszawa – Poznań 1979, s. 79-87. – 10. Mutko T.: *Zalew Szczeciński – akwen przyszłości*, Aura, 1986, nr 7, s. 7-9. –

11. Olszewski P.: *Dotychczasowe wyniki eksperymentu nad odmładzaniem Jeziora Kortowskiego*, Zesz.Nauk. WSR Olsztyn, 1971, 3, s. 23-31. – 12. Paluch J.: *Mikrobiologia wód*, PWN, Warszawa 1973. – 13. Peterson S. A., Smith W. L., Malueg K. W.: *Fullscale harvest of aquatic plants: nutrient removal from a eutrophic lake*, J.Water Poll. Control Feder, 1974, 46, s. 697-707. – 14. Peterson J. O., Wall J. P., Wirth T. L., Born S. M.: *Eutrophication control: nutrient inactivation by chemical precipitation at Horshoe Lake*, Wisconsin. wis.Dep.of Nat.Resour., Tech.Bull., 1973, 62, s. 1-20. – 15. Piesik Z.: *The role of the crayfisch Orconectes limosus (Raf.) in extinction of Dreissena polymorpha (Pall.) subsisting on steelon-net*, Pol.Arch.Hydrobiol., 1974, 21, 3/4, s. 401-410. – 16. Piesik Z.: *Rola barier utworzonych z sieci stylonowych w oczyszczaniu ścieków z sestonu i rozpuszczonych postaci biogenów*, Praca doktorska, 1978, (maszynopis), Akademia Rolnicza w Szczecinie, s. 95. – 17. Piesik Z.: *Biology of Dreissena polymorpha (Pall.) settling on stylon nats and the role this mollusc in eliminating the seston and the nutrients from water-course*, Pol.Arch.Hydrobiol., 1983, 30, 4, s. 353-361. – 18. Piesik Z.: *Możliwości rekultywacji jeziora Wicko (Zalew Szczeciński) metodą czynnego podłoża*, 1990, (maszynopis), Uniwersytet Szczeciński. – 19. Piesik Z., Falandysz M., Chmielewski J.: *Choroba zasadowa (alcalosis) w Zalewie Szczecińskim*, (maszynopis), Akademia Rolnicza w Szczecinie. – 20. Piesik Z., Świerczyński M.: *Biologia i ekologiczna rola małża Dreissena polymorpha Pall. w Zalewie Wielkim (Zalew Szczeciński)*, 1990, (maszynopis), Uniwersytet Szczeciński. –

21. Piesik Z., Wawrzyniak W., Piesik J., Osadczuk A., Piotrowski S.: *Koncepcja ochrony linii brzegowej poprzez zagospodarowanie strefy przybrzeżnej półwyspu Helskiego*, 1989 (maszynopis, Uniwersytet Szczeciński). – 22. Pliszka F.: *Dynamika stosunków pokarmowych ryb jeziora Harsz*, Pol. Arch. Hydrobiol., 1953, 1, s. 271-300. – 23. Prost M.: *Choroby ryb*, PWRiL, Warszawa 1980, s. 437. – 24. Ripl W.: *Biochemical oxidation of polluted lake sediment with nitrate – A new lake restoration method*, Ambio 1976, 5, s. 132-135. – 25. Spodniewska I.: *Zakwity sinic - aktualny problem hydrobiologii*, Wiadomości Ekolog., 1971, 17, 2, s. 157-163. – 26. Stańczykowska A.: *Ecology of Dreissena polymorpha Pall. (Bivalvia) in lakes*, Pol.Arch.Hydrobiol., 1977, 24, s. 461-530. – 27. Szczerbowski J.: *Rybactwo jeziorowe i rzeczne*, PWRiL, Warszawa 1981, s. 275. – 28. Szerow D.: *Toksyczność sinic*, Gosp.ryb., 1974, 5, s. 9-11. – 29. Szlauer L.: *Use of steelon-net veils for protection of the hydroenginiering works against Dreissena polymorpha Pall.*, Pol.Arch.Hydrobiol., 1974, 21, s. 391-400. – 30. Szlauer L.: *Możliwości zastosowania barier do ochrony urządzeń hydrotechnicznych przed racicznicą oraz usuwanie biogenów z wody*, Zesz.Nauk.Akad. Roln.Szczecin, Ser.: Ryb. Morsk.Techn. Żywn., 1979, 75, s. 29-38. –

31. Szlauer L.: *Oczyszczanie zbiorników wodnych przy pomocy sztucznych barier*, Gosp.Wodna, 1980, 8/9, s. 255-256. – 32. Świerczyński M., Kadela P., Kolasa K.: *Biologia i ekologiczna rola małża (Dreissena polymorpha Pall.) w doczyszczaniu wód Roztoki Odrzańskiej i południowej części Zalewu Wielkiego (Zalew Szczeciński)*, Spektrum, 1987, 2, 1, s. 90-109. – 33. Tadajewski A.: *Badania hydrochemiczne Zalewu Szczecińskiego*, (maszynopis), Akademia Rolnicza w Szczecinie. – 34. Wiktor J., Wiktor K.: *Jakościowe i ilościowe badania fauny dennej Zalewu Szczecińskiego*, Prace Morsk.Inst.Ryb. w Gdyni, 1954, 7, s. 127-152. – 35. Wiktor J.: *Biologia Dreissena polymorpha (Pall.) i jej ekologiczne znaczenie w Zalewie Szczecińskim*, Stud.Mater.Morsk.Inst.Ryb. w Gdyni, 1969, 5A, s. 1-88. – 36. Wiktor K., Zembrzuska D.: *Materiały do hydrografii Zalewu Szczecińskiego*, Prace Morsk. Inst.Ryb. w Gdyni, 1959, 10A, s. 259-269. – 37. Zembrzuska D.: *Fitoplankton Zalewu Szczecińskiego*, Prace Morsk.Inst.Ryb. w Gdyni, 1962, 11A, s.137-160

Praca przyjęta przez redakcję 27 VI 1990.

SZCZECIŃSKIE ROCZNIKI NAUKOWE – ANNALES SCIENTIARUM STETINENSES
1992 t. VII, z. 1, s. 37 – 48

ANDRZEJ BOJANOWSKI

ROLA ZAŁÓG W KSZTAŁTOWANIU WYNIKU POŁOWOWEGO TRAWLERÓW B-18 I B-418 PPDiUR „ODRA" W ŚWINOUJŚCIU

Instytut Rybołówstwa Morskiego Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie,
ul. Wały Chrobrego 1, 70-500 Szczecin

S t r e s z c z e n i e. Na podstawie analizy wyników połowowych i procesu połowowego trawlerów B-18 i B-418 w pracy zbadano zależności między tymi wielkościami. Przebadano 6 typów zależności dla 40 rejsów, wyznaczając współczynniki korelacji, istotność statystyczną tych współczynników oraz, tam gdzie były one istotne statystycznie, wyznaczono równanie regresji. Wyniki pracy pozwalają określić, jakie elementy sposobu prowadzenia połowów przez załogę mają decydujący wpływ na wynik połowu.

S ł o w a k l u c z o w e: wydajności połowowe – proces połowowy – trawlery B-18, B-418 – załoga statku.

WSTĘP

Wydajności połowowe są jednymi z najbardziej zmiennych wielkości w rybołówstwie. Na określonym akwenie połowowym, będącym w określonej sytuacji prawnej, wpływają na nie różnorodne czynniki. Można je pogrupować w następujący sposób: 1) stan zasobów, rodzaj koncentracji ryb i reakcji ryb znajdujących się w akwenie połowowym, 2) sytuacja meteorologiczno-hydrologiczna akwenu połowowego, 3) statek z jego wyposażeniem i sprzętem połowowym, 4) załoga i sposób prowadzenia połowów.

Załoga statku ma wpływ tylko na niektóre z przedstawionych czynników, podstawowy jest bowiem sposób prowadzenia połowów. Od kapitana lub oficera zależy np. wybór miejsca połowu, głębokość trałowania czy decyzja o czasie rozpoczęcia i zakończenia zaciągu. Od załogi zależy także czas trwania faz wydawania i wybierania włoka oraz niektórych przerw połowowych. Tylko przez optymalne prowadzenie połowów można uzyskać maksymalny wynik połowowy w istniejących warunkach.

W tej pracy autor postanowił określić, w jaki sposób wyniki połowowe zależą od sposobu prowadzenia połowów przez załogę.

MATERIAŁ I METODA

W pracy poddano analizie wyniki połowowe i proces połowowy 41 rejsów, w tym 12 rejsów trawlerów serii B-18 o tonażu 3096 BRT i mocy 2250 KM, łowiących w systemie jednowłokowym, oraz 28 rejsów trawlerów B-418 o tonażu 2498 BRT i mocy maszyn 2700 KM, łowiących w systemie dwuwłokowym. Łowiły one łącznie 40 373 godziny w 2877 dniach połowowych.

Materiały do badań zostały częściowo zebrane przez autora podczas rejsów, w których osobiście prowadził obserwacje na statkach, częściowo też przez oficerów trawlerów i studentów Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie, którzy odbywali praktykę, a część danych odpisano z dzienników pokładowych.

W pracy autor dokonuje oceny związku pomiędzy: 1) dobową wydajnością połowu a dobowym czasem połowu, 2) dobową wydajnością połowu a wydajnością na 1 godzinę trałowania, 3) dobową wydajnością połowu a liczbą zaciągów wykonywanych podczas doby, 4) wielkością połowu w zaciągu a czasem jego trwania, 5) dobowym czasem połowu a wydajnością na 1 godzinę trałowania, 6) czasem przerw po zaciągu a wielkością połowu w zaciągu.

Sposób prowadzenia połowów charakteryzowano poprzez:

a) dobową liczbę zaciągów – przy czym każdy zaciąg przypisywano tylko do jednej doby, tej w której się rozpoczynał;

b) czas trwania zaciągów – określany jako różnica czasu upływającego od momentu końca wydania włoka do momentu początku jego wybierania;

c) czas przerw po poszczególnych zaciągach – określany jako różnica czasu pomiędzy momentem końca wybierania włoka w jednym zaciągu a momentem początku wydawania włoka w następnym zaciągu;

d) dobowy czas połowu – będący sumą faktycznego czasu trałowania podczas doby.

Wyniki połowowe charakteryzowano poprzez:

a) dobową wydajność połowu – określaną jako sumę wielkości połowów z zaciągów wykonywanych podczas jednej kalendarzowej doby (w przypadku zaciągów przebiegających na przełomie dwóch dób wielkość połowu z takiego zaciągu dzielono proporcjonalnie do czasu jego trwania w każdej dobie);

b) wydajność połowu na jeden zaciąg – określaną jako wielkość połowu w poszczególnych zaciągach;

c) wydajność połowu na 1 godzinę trałowania – określaną jako iloraz wielkości połowu oraz czasu jego trwania.

W celu określenia związku między tymi wielkościami obliczano dla poszczególnych rejsów współczynniki korelacji, następnie określono istotność statystyczną tych współczynników, a w przypadku rejsów, gdzie współczynniki korelacji były istotne statystycznie, wyznaczono równanie krzywej regresji i wykreślono tę krzywą.

Przed przystąpieniem do badań przeprowadzono wstępną weryfikację

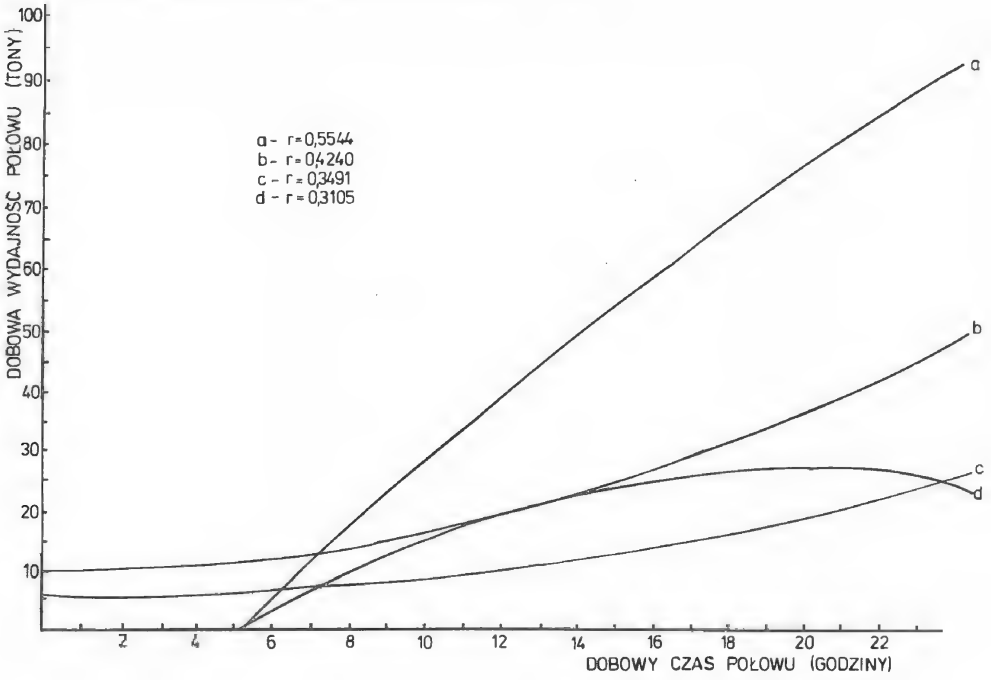
materiału. Z badań odrzucono wszystkie dni połowowe, w których brakowało danych dotyczących godziny początku lub końca wydawania albo wybierania jednego choćby zaciągu. Odrzucono także te rejsy, dla których po wstępnej weryfikacji pozostało mniej niż 30 dni połowowych.

Materiał, który pozostał po wstępnej weryfikacji, poddano obliczeniom statystycznym, wykonywanym w przedziale ufności 0,05 (na maszynie „Hewlett-Packard" – typ 2 100 S) w Wyższej Szkole Morskiej w Szczecinie.

WYNIKI

1. ZALEŻNOŚĆ DOBOWEJ WYDAJNOŚCI POŁOWU OD DOBOWEGO CZASU POŁOWU

W ponad 60 % rejsów nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji pomiędzy tymi dwoma wielkościami. W pozostałych rejsach występowały istotne zależności trzech typów: prostoliniowa dodatnia, krzywoliniowa dodatnia i krzywoliniowa paraboliczna (ryc. 1).



Ryc. 1. Zależność dobowej wydajności połowu od dobowego czasu połowu

W 15 % badanych rejsów były to zależności prostoliniowe, w których wraz ze wzrostem czasu połowu wzrastała też wielkość połowu. Były to tylko rejsy trawlerów typu B-418 o zbliżonym do przeciętnego średnim czasie trałowania i dość niskich średnich wydajnościach połowowych.

W około 5 % badanych rejsów występowała zależność krzywoliniowa,

gdzie wraz ze wzrostem czasu połowów wzrastała wielkość połowu, przy czym tempo tego wzrostu było różne. Dotyczyło to tylko rejsów trawlerów B-18, gdzie uzyskiwano stosunkowo wysokie wydajności połowowe przy średnim dobowym czasie trałowania.

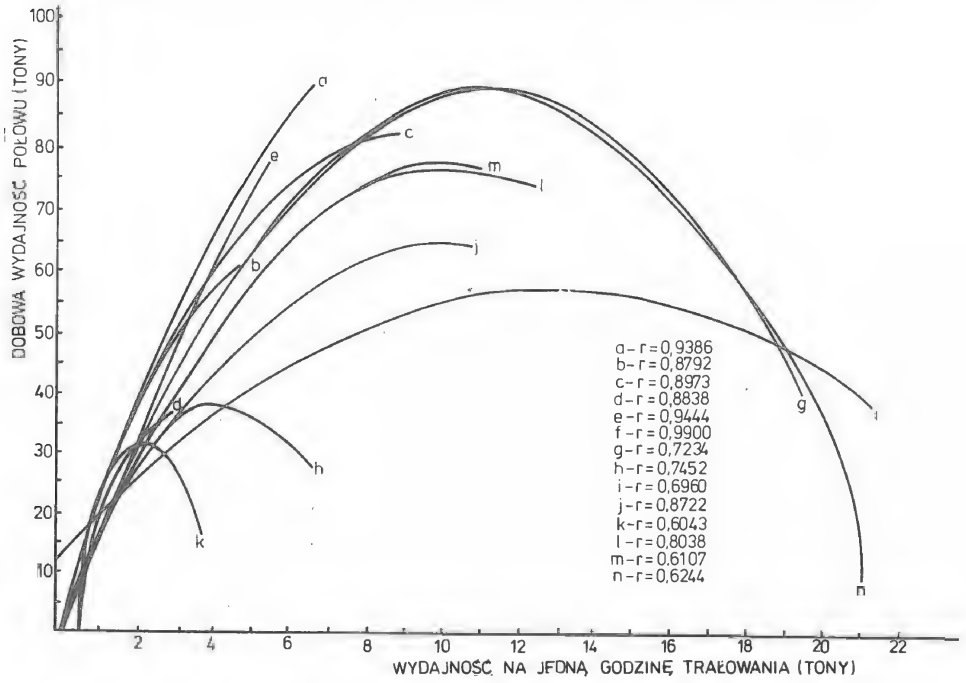
W około 5 % badanych rejsów występowała zależność krzywoliniowa, przy czym tempo tego wzrostu było różne. Dotyczyło to tylko rejsów trawlerów B-18, gdzie uzyskiwano stosunkowo wysokie wydajności połowowe przy średnim dobowym czasie trałowania.

W około 12 % badanych rejsów występowała zależność krzywoliniowa, w której do pewnego punktu wraz ze wzrostem czasu połowu wzrastała też wielkość połowu, a następnie pomimo przedłużenia czasu połowu wielkości połowu malały. Były to głównie rejsy trawlerów typu B-418, gdzie uzyskiwano zmienne wydajności przy bardzo zmiennym czasie trałowania.

2. ZALEŻNOŚĆ DOBOWEJ WYDAJNOŚCI POŁOWU OD WYDAJNOŚCI NA 1 GODZINĘ TRAŁOWANIA

We wszystkich badanych rejsach stwierdzono istotną zależność dobowej wielkości połowu od dobowej wydajności na 1 godzinę trałowania. Współczynniki korelacji były wysokie – od 0,6043 do 0,9900.

Stwierdzono zależności krzywoliniowe dwóch typów (ryc. 2).



Ryc. 2. Zależność dobowej wielkości połowu od dobowej wydajności na 1 godzinę trałowania

W pierwszym przypadku była to zależność krzywoliniowa, w której wraz ze wzrostem wydajności na 1 godzinę połowu wzrasta dobowa wielkość połowu, z tym że tempo tego wzrostu maleje wraz ze wzrostem wydajności na 1 godzinę połowu; W drugim przypadku była to zależność krzywoliniowa, w której do pewnego punktu wraz ze wzrostem wydajności na 1 godzinę połowu wzrasta dobowa wydajność połowowa, następnie jednak, mimo większych wydajności na 1 godzinę połowu, dobowa wydajność była niższa.

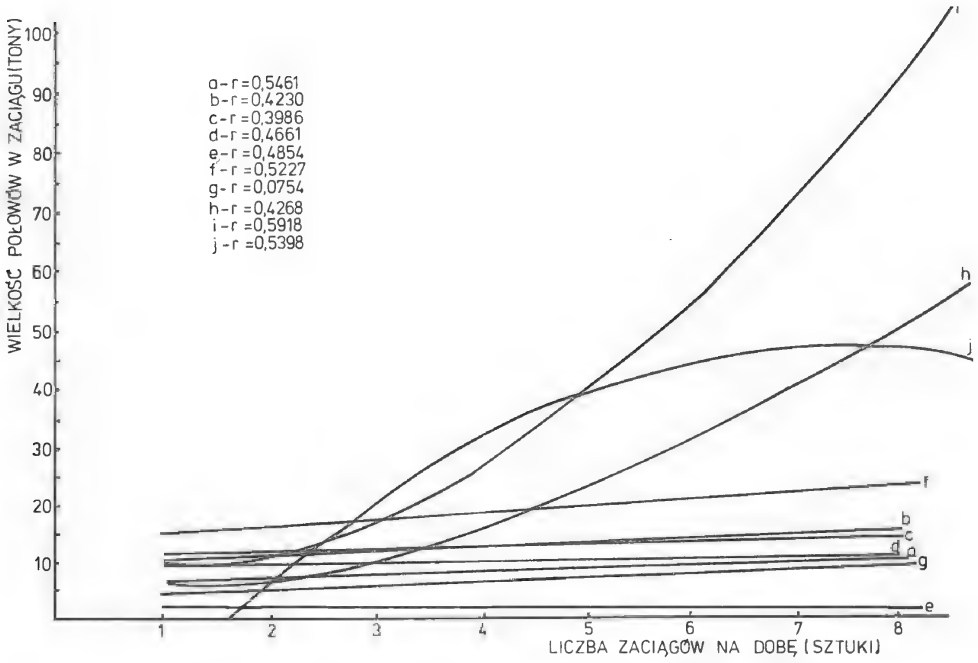
W większości badanych rejsów zaobserwowano niższe dobowe wydajności połowu przy przekroczeniu pewnej dość wysokiej wydajności na 1 godzinę trałowania przy poziomie dobowej wydajności połowowej wyższej niż moc przerobowa przetwórni badanych statków. Analizując badany materiał należy stwierdzić, że niższe dobowe wydajności połowowe przy wyższych wydajnościach na jedną godzinę trałowania występowały w praktyce stosunkowo rzadko (średnia około 3 % dni połowowych w rejsie), szczególnie w takich dniach połowowych, gdy trałowano bardzo krótko (krócej niż 1 godzinę) lub gdy były bardzo niskie wydajności na 1 godzinę połowu.

Ogólnie można powiedzieć, że wydajność na 1 godzinę trałowania w decydującym stopniu wpływa na dobową wydajność połowu.

3. ZALEŻNOŚĆ DOBOWEJ WYDAJNOŚCI POŁOWU OD LICZBY ZACIĄGÓW WYKONYWANYCH PODCZAS DOBY

W większości, bo blisko 85 % badanych rejsów nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności pomiędzy tymi wielkościami lub w przypadku stwierdzenia tych zależności zmiana liczby zaciągów powodowała tak niewielkie zmiany wielkości połowu, że można praktycznie mówić o braku zależności pomiędzy tymi wielkościami.

W przypadku 15% badanych rejsów zmiana liczby zaciągów na dobę dawała znaczące zmiany wielkości połowu. Były to zależności krzywoliniowe dwóch typów (ryc. 3). Zależność krzywoliniowa, gdzie wraz ze wzrostem liczby zaciągów wzrastała w coraz większym tempie dobowa wielkość połowu oraz zależność krzywoliniowa, gdzie wraz ze wzrostem liczby zaciągów początkowo (do 7 zaciągów na dobę) wielkość połowu wzrastała, a następnie mimo większej liczby zaciągów, wielkość połowu była niższa. Dotyczyło to tylko rejsów trawlerów B-18, w których nie było zależności dobowej wielkości połowu do dobowego czasu połowu. W rejsach trawlerów B-418, gdzie wykonywano średnio więcej zaciągów, łowiono nieco więcej ryb. Nie były to jednak duże różnice.



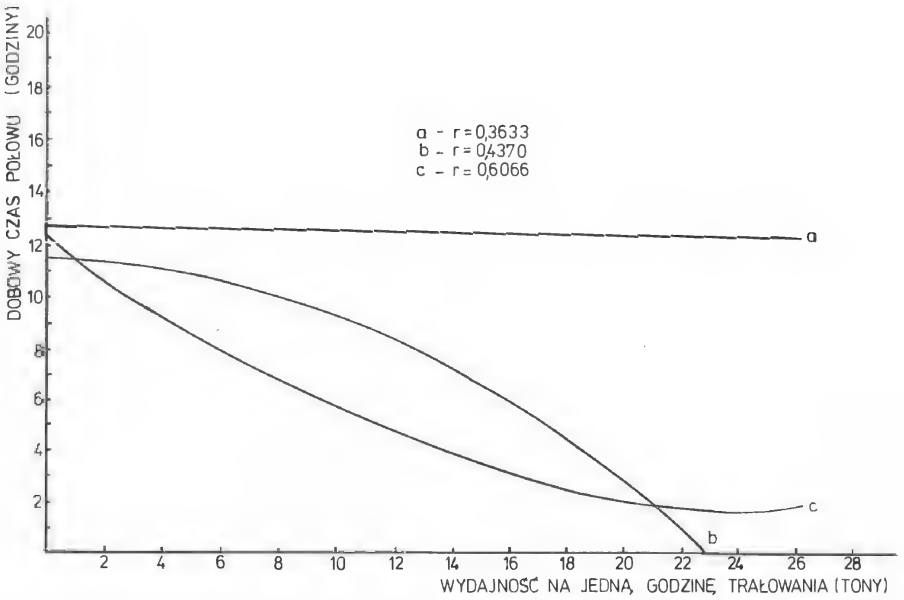
Ryc. 3. Zależność dobowej wielkości połowu od liczby zaciągów na dobę

4. ZALEŻNOŚĆ WIELKOŚCI POŁOWU W ZACIĄGU OD CZASU JEGO TRWANIA

Analizę tej zależności dokonywano oddzielnie dla połowów określonego gatunku w każdym rejsie. Wyniki tych badań były różne dla trawlerów typu B-18 i B-418.

W przypadku prób z rejsów trawlerów typu B-418 we wszystkich przypadkach wyższe wyniki połowowe uzyskiwano w zaciągach krótszych, czyli przy dłuższym czasie trwania zaciągu wydajności połowu na zaciąg były niższe.

Aż w 85% prób z rejsów trawlerów typu B-18 nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności wielkości połowu w zaciągu od czasu trwania zaciągu. W 9% prób występowała zależność podobna jak na trawlerach B-418, z tym że obserwowany spadek wielkości połowów w zaciągu wraz ze wzrostem czasu jego trwania był znacznie mniejszy. W 6% prób w zaciągach trwających dłużej tylko nieznacznie wzrastała wielkość połowu w zaciągu. Niektóre zmiany wielkości w badanych próbach trawlerów typu B-18 pozwalają mimo to stwierdzić, że czas trwania nie wpływał znacząco na wydajność połowową zaciągu.



Ryc. 4. Zależność dobowego czasu połowu od wydajności na jedną godzinę trałowania

5. ZALEŻNOŚĆ DOBOWEGO CZASU POŁOWU OD WYDAJNOŚCI NA 1 GODZINĘ TRAŁOWANIA

Przeprowadzone badania w poszczególnych rejsach pozwalają stwierdzić, że zależność pomiędzy tymi wielkościami była różna na trawlerach typu B-18 i B-418.

W przypadku trawlerów B-18 tylko w około 20 % badanych rejsów stwierdzono istotną statystycznie zależność między dobowym czasem połowu a wydajnością na 1 godzinę trałowania. We wszystkich tych rejsach współczynnik korelacji był ujemny, tzn. wzrost wydajności na 1 godzinę trałowania powodował zmniejszenie czasu połowu. Były to zależności trzech typów (ryc. 4): w jednym przypadku – prostoliniowa, przy czym zmniejszenie dobowego czasu połowu wraz ze wzrostem wydajności było niewielkie; w drugim – zależność krzywoliniowa, gdzie wraz ze wzrostem wydajności dobowy czas połowu zmniejszał się w coraz większym stopniu; w trzecim – zależność krzywoliniowa, gdzie również wzrost wydajności na 1 godzinę trałowania powodował zmniejszenie dobowego czasu połowu, z tym że tempo tego zmniejszenia malało.

W przypadku trawlerów B-418 w ponad 60 % rejsów stwierdzono istotne statystycznie zależności dobowego czasu połowu od wydajności na 1 godzinę trałowania. W 25 % rejsów występowały zależności zbliżone do tych, jakie występowały w rejsach trawlerów B-18 (w 3 rejsach typu 1, w 5 – typu 2 i 2 – typu 3). W 15 % rejsów występował inny typ zależności, którego nie stwierdzono w rejsach trawlerów B-18 (ryc.4). Obserwowano

tam początkowy wzrost dobowego czasu połowu w miarę wzrostu wydajności na 1 godzinę trałowania, a następnie jego spadek.

Widać więc, że na trawlerach typu B-18 w stosunku do trawlerów B-418 było znacznie mniej przypadków, w których wzrost wydajności połowowych powodował skrócenie dobowego czasu połowu.

6. ZALEŻNOŚĆ CZASU PRZERW PO ZACIĄGU OD WIELKOŚCI POŁOWU W ZACIĄGU

Zależność tę badano oddzielnie dla każdego rejsu i poławianego gatunku. Badania przeprowadzano tylko dla trawlerów typu B-18, gdzie nie można stosować systemu połowów „dwuwłokowych". W ponad 90 % badanych prób nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności czasu przerw po zaciągu od wielkości połowu w zaciągu; w próbach, w których stwierdzono taką zależność, w każdym przypadku była ona inna. To oraz stosunkowo niskie i różne współczynniki korelacji w tych próbach (od 0,2253 do 0,4609) wskazują, że mogły one powstać w sposób przypadkowy.

DYSKUSJA I WNIOSKI

Przeprowadzona w pracy analiza wpływu sposobu prowadzenia połowu na wynik połowu pozwala stwierdzić, że jest on znaczny.

Analiza zależności dobowego połowu od dobowego czasu połowu, a w szczególności brak w większości rejsów związku między tymi wielkościami, pozwala wnioskować, że w rybołówstwie pelagicznym maksymalizacja czasu połowu, czyli wydłużenie czasu trałowania, nie jest najlepszą drogą do polepszenia wyniku połowowego. Zgodne to jest z tezą, jaką postawił Zaucha [12], że w przypadku połowów pelagicznych nie można przyjmować proporcjonalności uzyskiwanych wyników do czasu trałowania.

Z analizy zależności dobowej wydajności połowu od wydajności na 1 godzinę trałowania wynika, że ma ona decydujący wpływ na dobową wydajność połowu, przy bardzo wysokich współczynnikach korelacji od 0,6043 do 0,9900. Do podobnych wniosków dochodzą Wysokiński i Stachowski [11], którzy twierdzą, że w rybołówstwie sardynkowym wydajności połowowe wyrażone w tonach na dobę i na godzinę trałowania są tak ściśle skorelowane, że dla obliczeń standaryzowanego nakładu połowowego mogą być stosowane wymiennie. Także Świniarski [10] wykazał, że w wielu przypadkach wydajność połowowa związana była bardziej z objętością ławic niż z objętością przefiltrowanej wody, która uzależniona jest między innymi od czasu trwania połowu. Wyniki tej analizy potwierdzają jeszcze bardziej tezę Zauchy [12], która podobnie jak wyniki tej części badań jest sprzeczna z cytowaną w jego pracy opinią H. Stengla, który wszystkie czynności poza czasem właściwego trałowania ujmuje jako „nieprodukcyjne straty czasu pracy statku na łowisku".

Z analizy zależności wielkości dobowego połowu od liczby zaciągów na dobę wynika, że liczba zaciągów na dobę ma wpływ na wielkość połowu w określonych przypadkach. Niekiedy konieczne jest badanie większej liczby zaciągów, aby utrzymać ciągłość produkcji przetwórni. Konieczne jest też wykonanie większej liczby zaciągów podczas doby przy połowach ryb delikatnych i łatwo się psujących (np. sardynka europejska), co zapobiega uszkodzeniu ryb i ułatwia zabezpieczenie surowca. Zagadnienia te autor konsultował z kapitanami i oficerami polskich statków rybackich. Analiza zależności między wielkością połowu a czasem jego trwania wykazała, że zależność taka istnieje tylko wtedy , kiedy w rejsie prowadzone są połowy „nacelowane". Na statkach typu B-418, gdzie połowy poprzedzane były zwykle dobrą lokalizacją ławic, wyższe wyniki połowowe uzyskiwano w zaciągach krótkich. Na statkach typu B-18 nie prowadzono na ogół połowów nacelowanych. Potwierdza to duża rozpiętość czasu trwania tzw. zaciągów „zerowych" (od 5 minut do 11 godzin i 30 minut), a także fakt, że zaciągi długie, trwające ponad 5 godzin, dawały bardzo często niewielkie wyniki połowowe. Czas trwania zaciągu kształtowany jest często na tych statkach subiektywną oceną oficera dotyczącą stopnia wypełnienia worka.

Analiza zależności dobowego czasu połowu od wydajności na 1 godzinę trałowania potwierdza wnioski z poprzedniej analizy. Ze wzrostem wydajności następuje spadek dobowego czasu połowu.

Zdaniem autora zależność taka może wystąpić, gdy statek na skutek zużycia dłuższego czasu na lepszą lokalizację połowów (poszukiwanie najwydajniejszych ławic) uzyskuje lepsze wydajności połowowe przy krótszym efektywnym czasie połowu. Zależność ta może występować wyraźniej, gdy moc przerobowa statku jest mniejsza niż osiągane wydajności połowowe. Następuje wówczas rzeczywiste skrócenie dobowego czasu połowu w połączeniu ze wzrostem wydajności, gdyż statek zaprzestaje połowów z uwagi na brak możliwości zabezpieczenia surowca. Związane to może być także z prowadzeniem połowów tylko w określonej porze doby, gdy wydajności połowowe są znacznie większe. Podobną zależność otrzymali Dunin-Kwinta i Adamczewski [6], badając połowy na m/t „Granik".

Należy pamiętać, że na dobowy czas połowu wpływa również szereg innych czynników. Zaucha [12] uzależnia go od wielkości używanego włoka, a Słojewski [9], Dunin-Kwinta i Słojewski [7] od warunków meteorologicznych; Przybyłek [8] dodaje także awaryjność oraz przeloty statku. Czynniki te mogą zmieniać przedstawioną powyżej zależność.

Analiza zależności czasu przerw po zaciągu od wielkości połowu w zaciągu wykazała brak takiej zależności. Zdaniem autora wynika to z faktu, że zarówno wzrost, jak i spadek wielkości połowu może powodować wydłużenie, jak i skrócenie czasu przerw.

Wydłużenie czasu przerw po zaciągu wraz ze wzrostem wielkości połowu następuje wtedy gdy:

1. wielkość połowu jest tak duża, że przekracza moc przerobową

statku. Powoduje to wydłużenie czasu przerw na skutek celowego wstrzymania połowu. Z obserwacji autora wynika, że następuje tylko w przypadku, gdy kilka zaciągów pod rząd dało duże wyniki połowowe i tylko po ostatnim przerwa w połowach się wydłuża;

2. większy połów w jednym zaciągu powoduje czasem wydłużenie czasu potrzebnego na przygotowanie sprzętu połowowego do następnego wydania (np. celowo rozcięty został worek włoka w celu wysypania ryby, co wymaga późniejszej naprawy);

3. dłużej sprząta się pokład (np. brak miejsca w zbiornikach surowca często wymaga budowania last i przesypywania tam ryby);

4. wydłużenie czasu przerwy po zaciągu wraz ze spadkiem wielkości połowu powodowane jest potrzebą prowadzenia dłuższych sondowań w celu lokalizacji wydajniejszych ławic.

Skrócenie czasu przerwy po zaciągu:

1. wraz ze wzrostem wielkości połowu – następuje niekiedy po dobrej lokalizacji ławic, która poprzedzona jest dłuższym okresem sondowania. Wykonuje się wtedy kilka wydajnych zaciągów ze stosunkowo krótkimi przerwami, nie prowadząc już czasochłonnych poszukiwań i przerwy po zaciągach są wówczas krótsze;

2. wraz ze spadkiem wielkości połowu – zależność występująca rzadko. Niekiedy jednak, gdy był tzw. „zerowy" wynik połowu, sieć wydaje się natychmiast, nie wyciągając nawet worka na pokład. Według obserwacji autora dzieje się to wtedy, gdy przez dłuższy okres (kilka dni) są bardzo słabe wyniki połowowe w całym rejonie (inne statki łowiące w pobliżu również podają wynik zerowy). Występuje wówczas znaczne skrócenie czasu przerw po zaciągach, wraz ze spadkiem wielkości połowu.

Czynnikiem dodatkowo zakłócającym związek pomiędzy wydajnościami połowowymi a czasem przerw po nich następujących może być specyfika połowów niektórych gatunków ryb, rozpraszających się, w zależności od cyklu dobowego. Występuje to np. w rejonie szelfu północno-zachodniej Afryki. Zagadnienie to zostało szerzej omówione w pracach Bojanowskiego [1, 2].

Kolejnym czynnikiem dodatkowo zakłócającym ten stan na trawlerach B-18 jest – według obserwacji autora – zbyt mały uciąg statków typu B-18 w stosunku do używanych włoków. Uniemożliwia on często prowadzenie połowów (trałowanie) pod prąd czy pod falę i wiatr. Dlatego często niezależnie od wyniku połowu czas przerw po zaciągu się wydłuża, gdy statek (tzw. „luzem"), nie trałując, musi powrócić w rejon poprzedniego zaciągu, aby móc wykonać kolejny.

Wielu autorów, np. Czubek i wsp. [5], Burawa i wsp. [3], Zaucha [12], Chachulski [4], zwraca uwagę, że przerwy połowowe mogą być także wydłużone przez niekorzystne warunki pogodowe i zbyt mały uciąg statków do stosowanych włoków – gdy włok wydaje się tylko z wiatrem i falą, a trałuje z prądem.

Przedstawione powyżej analizy wpływu sposobu prowadzenia połowu na wynik połowu pozwalają sformułować następujące stwierdzenia:

1. Dobowa wydajność połowu w znacznie większym stopniu zależy od wydajności na 1 godzinę trałowania niż od czasu efektywnego trałowania. Dlatego też dla zwiększenia wydajności połowu najważniejsze jest znalezienie w akwenie łowisk o wyższych koncentracjach ryb. Czas poświęcony na poszukiwanie wydajniejszych łowisk jest czasem wysoce opłacalnym, który w najwyższym stopniu przyczynia się do polepszenia wyniku połowowego.

2. Liczba zaciągów na dobę powinna być dopasowana do mocy przerobowej statków. Ważna staje się dobra współpraca oficerów połowowych z technologiem statku.

3. Wielkość połowu w zaciągu nie zależy od czasu jego trwania. Napełnianie worka powinno być obserwowane w sposób ciągły przez oficera prowadzącego połowy, a czas trwania połowu dopasowuje się do wielkości połowu.

Stwierdzenia te wskazują, że jednym z podstawowych działań mających na celu optymalizację połowów przez właściwe ich prowadzenie jest odpowiednie wyposażenie statku nie tylko w sprzęt połowowy.

Właściwe urządzenia hydrolokacyjne pozwolą na dobrą lokalizację ławic, a także skrócenie czasu pracy przerw między zaciągami poprzez skrócenie czasu poszukiwań maksymalnych koncentracji ryb na łowisku. Czujniki określające stopień wypełnienia włoka pozwolą na ciągłą obserwację jego wypełnienia i optymalizację czasu trwania zaciągu, dopasowanie go do potrzebnej wielkości połowu.

Ważne też jest wyposażenie przetwórni w wysoko wydajne maszyny przetwórcze, zwiększające moc przerobową statku. Pozwoli to na maksymalizację połowu, pamiętając o tym, że statek rozliczany jest nie z tego, co złowił, ale z tego, co przerobił i zabezpieczył w ładowni.

ANDRZEJ BOJANOWSKI

THE ROLE OF CREWS IN OBTAINING FISHING EFFECTS OF B-18 AND B-418 TRAWLERS OF THE „ODRA", A ŚWINOUJŚCIE – BASED FISHING COMPANY

Summary

The relationships between fishing effects and fishing process of B-18 and B-418 trawlers have been examined by analyzing the two elements. Six types relationships for forty voyages have been studied. The study resulted in determining correlation coefficients, their statistical significance and, where statistically significant, regression equation was formulated. The research allows to determine which elements of a fishing method implemented by the crew have a decisive impact on the fishing result.

АНДЖЭЙ БОЯНОВСКИ

ЗНАЧЕНИЕ КОМАНД ДЛЯ РЕЗУЛЬТАТА УЛОВОВ ТРАУЛЕРОВ Б-18 И Б-418 ППДиУР „ОДРА" В Г. СВИНОУЙСТЕ

Резюме

На основании анализа результатов уловов и рыболовного процесса траулеров Б-18 и Б-418 в работе исследовано взаимоотношения между этими величинами. Проверено 6 типов взаимоотношений для 40 рейсов, определяя коэффициент корреляции, статистическую существенность этих коэффициентов а также, там где они были статистически существенны, определено уравнения регрессии. Результаты работы позваляют определить, какие элементы метода уловов имеют решающие влияние на результаты уловов.

PIŚMIENNICTWO

1. Bojanowski A.: *Charakterystyka polskich połowów u wybrzeży Afryki w 1968 roku*, praca magisterska, 1969, Akademia Rolnicza Szczecin (maszynopis). – 2. Bojanowski A.: *Dobowe zmiany wydajności połowowych niektórych gatunków ryb występujących na ławicy Arguiu oraz w rejonie Cap Blanc*, Zesz. Nauk. WSM Szczecin, nr 3, Szczecin 1973, s. 171-188. – 3. Burawa W. [i in.]: *Narzędzia, technika i taktyka połowów pelagicznych polskiego rybołówstwa*, Studia i Materiały, Morski Instytut Rybacki, seria C, nr 24, Gdynia 1974. – 4. Chachulski K.: *Eksploatacja układów napędowych ze śrubami nastawnymi na trawlerach rybackich*, Technika i Gospodarka Morska, 1966, R. 16, s. 251-254. – 5. Czubek H., Włodarczyk K.: *Badania techniczno-eksploatacyjne jednostek typu B-22*, Biuletyn Morskiego Instytutu Rybackiego, Gdynia 1973, 4, 2/16, s. 15-22. – 6. Dunin-Kwinta I., Adamczewski L.: *Wstępna ocena związku pomiędzy wydajnością połowową a dobowym czasem połowu na przykładzie rejsu trawlera serii B-23 w 1974 roku*, Zesz.Nauk. WSM Szczecin, nr 10, Szczecin 1976, s. 183-199. – 7. Dunin-Kwinta I., Słojewski J.: *Próba oceny warunków meteorologicznych na dobowy czas połowu w rejonie ławicy George'a*, Zesz. Nauk. AR Szczecin, 1976, 54, s. 3. – 8. Przybyłek L. C.: *Charakterystyka eksploatacyjno-połowowa rejonu północno-zachodniej Afryki na podstawie rejsu m/t „Ramada" w 1974 roku*, Praca magisterska, 1975, Akademia Rolnicza Szczecin, (maszynopis). – 9. Słojewski J.: *Warunki meteorologiczne a dobowy czas połowu w rejonie ławicy George'a (na podstawie rejsu m/t „Likodyn" w okresie od 14.09.1971 roku do 3.05.1972 roku)*, Praca magisterska, 1972, Akademia Rolnicza Szczecin (maszynopis). – 10. Świniarski J.: *Wpływ niektórych czynników technicznych i przyrodniczych na zdolność połowową trawlerów*, Akademia Rolnicza Szczecin, Rozprawy, 1976, 46. –

11. Wysokiński A., Stachowski J. K. S.: *Wybór optymalnej jednostki nakładu pracy trawlerów w rybołówstwie sardynek rejonu senegalskiego*, Opracowanie oddziału Morskiego Instytutu Rybackiego w Świnoujściu (maszynopis). – 12. Zaucha J.: *Teoria eksploatacyjna włoka pelagicznego na podstawie badań przeprowadzonych w rejonie Ławicy George'a na statkach rufowych B-18*, Studia i Materiały, Seria C, nr 25, Morski Instytut Rybacki, Gdynia 1975.

Praca przyjęta przez redakcję 27 VI 1990.

SZCZECIŃSKIE ROCZNIKI NAUKOWE – ANNALES SCIENTIARUM STETINENSES
1992 t. VII, z. 1, s. 49 – 65

JÓZEF PIOTR GIRJATOWICZ

WARUNKI TWORZENIA SIĘ PIERWSZEGO LODU W POLSKIEJ STREFIE PRZYBRZEŻNEJ BAŁTYKU

Instytut Oceanografii Rybackiej i Ochrony Morza
Akademii Rolniczej w Szczecinie
ul. Kazimierza Królewicza 3/4, 71-550 Szczecin

S t r e s z c z e n i e. Na podstawie materiałów archiwalnych IMGW z okresu 40-letniego (1946/47-1985/86) i w oparciu o metodę analizy korelacji i regresji badano wpływ warunków termicznych i anemologicznych na utworzenie się pierwszego lodu w trzech wybranych rejonach strefy przybrzeżnej (Gdynia, Rozewie i Międzyzdroje). Stwierdzono, że na utworzenie się pierwszego lodu oprócz warunków termicznych ma również wpływ kierunek i prędkość wiatru. Jednak wpływ ten jest stosunkowo niewielki, bowiem po uwzględnieniu kierunku i prędkości wiatru w równaniach regresji wielokrotnej ich istotność statystyczna wzrosła, lecz nieznacznie. W drugiej części pracy, na podstawie oryginalnych zestawień tabelarycznych (tab. 3-4) i sporządzonych map (ryc. 2-4), scharakteryzowano przestrzenne zróżnicowanie terminów wystąpienia pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej Bałtyku.

S ł o w a k l u c z o w e: Bałtyk – zlodzenie – pierwszy lód.

WSTĘP

Duże znaczenie, nie tylko dla nauki, lecz także dla celów praktyki, ma poznanie warunków hydrologiczno-meteorologicznych, przy których powstają określone zjawiska lodowe. Wartość naukowa tych badań jest tym większa, im ściślej i obiektywniej określa się wpływ poszczególnych czynników hydrologiczno-meteorologicznych na powstawanie danego zjawiska. Jednym ze sposobów zwiększenia wartości wyników badań może być zastosowanie metod statystyki matematycznej, które w sposób ilościowy określają wpływ poszczególnych czynników na dane zjawisko. Wyprowadzone w ten sposób związki empiryczne mogą być wykorzystane nawet do celów prognostycznych. Wynikami takich badań zainteresowane są nie tylko instytucje czuwające nad bezpieczeństwem żeglugi, lecz także przedsiębiorstwa uprawiające żeglugę, zwłaszcza te, które corocznie uczestniczą w tzw. „akcji przeciwlodowej.

Określeniem wpływu czynników hydrologiczno-meteorologicznych na tworzenie się pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej Bałtyku zaj-

mował się głównie Maliński [8-10], a ponadto Laurosiewicz [6] i Girjatowicz [3]. W tych dwóch ostatnich pracach, oprócz czynników termicznych, badano także wpływ wiatru na warunki tworzenia się pierwszego lodu na wodach polskiego wybrzeża.

Wcześniej na rolę wiatru, jako czynnika mającego wpływ na tworzenie się pierwszego lodu i stałej pokrywy lodowej, zwrócono uwagę w pracach badaczy radzieckich [11, 14, 15]. Według Tjutneva [14] nie tyle kierunek, co prędkość wiatru ma wpływ na tempo wychłodzenia wody w okresie ochłodzenia. Laurosiewicz [6] wykazała jednak, że w większości rejonów polskiej strefy przybrzeżnej wpływ prędkości wiatru wywołuje skutek odwrotny. Przyczyną tego jest włączenie do tego procesu mieszania większych objętości wody, zwłaszcza na odcinkach położonych blisko rejonów głębokich, co powoduje w efekcie wydłużenie się okresu wychładzania wody do momentu utworzenia się pierwszego lodu. Tylko dla akwenów płytkich (Zatoka Pomorska) stwierdzono, że większa prędkość wiatru powoduje szybsze tempo wychładzania wody do momentu zamarzania.

Laurosiewicz [6] badając wpływ kierunku wiatru na warunki tworzenia się pierwszego lodu nie stwierdziła wyraźnych zależności. Badania przeprowadzone przez autora [3] wykazały jednak, że w polskiej strefie przybrzeżnej wiatr z kierunków odlądowych nieznacznie utrudnia (opóźnia) tworzenie się pierwszego lodu. W okresie występowania wiatru odlądowego niezbędne są surowsze warunki termiczne, aby mógł utworzyć się pierwszy lód. Jednakże wyprowadzone związki tworzenia się pierwszego lodu, uwzględniające oprócz czynników termicznych – dodatkowo kierunek wiatru, tylko w nieznacznym stopniu zwiększyły ich istotność statystyczną. Są to równania prostych regresji, gdzie zmienną niezależną jest wskaźnik uwzględniający łącznie warunki termiczne i kierunek wiatru. Ponadto w pracy tej [3] nie wprowadzono związków, które określiłyby wpływ prędkości wiatru na warunki tworzenia się pierwszego lodu.

Uwzględniając powyższe uwagi i specyficzne warunki fizjograficzne polskiej strefy przybrzeżnej, badano również wpływ kierunku i prędkości wiatru na tworzenie się pierwszego lodu, przyjmując prędkość i kierunek wiatru odlądowego jako jedne ze zmiennych niezależnych. Ponadto przedstawiono przestrzenne zróżnicowanie terminów wystąpienia pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej na podstawie materiału z okresu 40-letniego (1946/47 – 1985/86). Przez termin wystąpienia pierwszego lodu należy rozumieć datę (dzień), w którym po raz pierwszy w sezonie lodowym zaobserwowano jakąkolwiek postać lodu, przynajmniej o zasięgu 10 m i zwartości 1/10.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Wykorzystano archiwalne materiały IMGW dotyczące terminów wystąpienia pierwszego lodu dla całej polskiej strefy przybrzeżnej Bałtyku, łącznie z ujściowymi odcinkami rzek, z okresu 40-lecia (1946/47 – 1985/86). Dane te pochodzą z 30 rejonów obserwacyjnych, w strefie między Krynicą Morską, położoną najdalej na wschód, a Świnoujściem, położonym najdalej na zachód. Danymi z okresu 40-letniego dysponowano dla 19 rejonów, z okresu 32-letniego dla 7 rejonów i dla 4 rejonów z okresów mieszczących się w przedziale od 25 do 38 zim (tab. 3 i 4). Obserwacje zlodzenia wykonywano raz w ciągu doby w godzinach rannych – zwykle o godzinie 8^{00}.

Korzystano także z danych dotyczących temperatury powietrza, powierzchniowej temperatury wody oraz kierunku i prędkości wiatru. Dane te posłużyły do określenia wpływu czynników hydrologiczno- meteorologicznych na tworzenie się pierwszego lodu.

Należy tu również zaznaczyć, że nie we wszystkich rejonach obserwacyjnych zlodzenia prowadzono pomiary zarówno temperatury wody, temperatury powietrza czy kierunku i prędkości wiatru. Temperatury wody nie mierzono w Rozewiu, dlatego wzięto ją ze stacji hydrologicznej Władysławowa. Natomiast temperatury powietrza oraz kierunku i prędkości wiatru nie mierzono w Międzyzdrojach i wzięto je ze Świnoujścia. Nie powinno to mieć istotnego wpływu na poprawność związków. Termika wód przybrzeżnych Władysławowa i Rozewia, odległych od siebie zaledwie 7 km, niewiele się różni. Również temperatura powietrza oraz kierunek i prędkość wiatru wzięte ze Świnoujścia będą reprezentatywne dla Międzyzdrojów.

Związki empiryczne tworzenia się pierwszego lodu wyprowadzono stosując metodę analizy korelacji i regresji [5, 13]. Wyznaczono równania regresji prostej i wielokrotnej oraz dokonano ich oceny statystycznej, obliczając współczynniki korelacji, standardowe odchylenia regresji i test istotności *F*. Do wyprowadzenia tych związków użyto tylko te przypadki wystąpienia pierwszego lodu, dla których można było jednoznacznie stwierdzić, że lód utworzył się w danym rejonie, natomiast nie uwzględniono lodu napływowego.

Mapy terminów wystąpienia pierwszego lodu opracowano na podstawie wszystkich zaobserwowanych przypadków pierwszego lodu w okresie 40-letnim (1946/47 – 1985/86). Jest to najdłuższy powojenny okres obserwacyjny dla naszego wybrzeża. Mapy te wykreślono dla wartości średniej oraz wartości ekstremalnych, dla których data wystąpienia pierwszego lodu w danym rejonie i w badanym okresie wieloletnim była najwcześniejsza lub najpóźniejsza. Przy określaniu zasięgu lodu na morzu korzystano z materiałów zawartych w atlasach lodowych [1, 2] i pracy Prüfera [12].

WPŁYW CZYNNIKÓW TERMICZNYCH ORAZ KIERUNKU I PRĘDKOŚCI WIATRU NA TWORZENIE SIĘ PIERWSZEGO LODU

W rozdziale tym badano tylko te przypadki, dla których można było jednoznacznie stwierdzić, że lód utworzył się na miejscu (w danym rejonie obserwacyjnym) i nie pochodzi z napływu. Pierwszy lód utworzony na miejscu ma przeważnie postać: śryżu, lepy, szkła lodowego, a także cienkich krążków lodowych. Natomiast lód o wyraźnej grubości (np. kra lodowa), pojawiający się nagle, to lód napływowy. Uwzględniano te przypadki pierwszego lodu, który miał zasięg przynajmniej 10 m i zwartość nie mniejszą jak 1/10.

W zależności od warunków meteorologicznych obserwowano zróżnicowane rodzaje lodu. W okresie pogody wietrznej obserwowano przeważnie lepę i śryż, a w strefie brzegowej przy silnym wietrze z kierunków dolądowych – nawet silnie stłoczone formy tego świeżego lodu. Natomiast w okresie ciszy lub słabego wiatru obserwowano przeważnie brzegowe (stałe) szkło lodowe lub cienkie krążki lodowe.

O warunkach tworzenia się pierwszego lodu decydują przede wszystkim czynniki termiczne. Za czynniki termiczne przyjęto następujące wskaźniki: powierzchniową temperaturę wody (t_w) i sumę ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza $\left[\sum_{i=1}^{n}(-t_i)\right]$.

Związki empiryczne wyznaczono dla trzech rejonów w strefie przybrzeżnej – Gdyni, Rozewia i Międzyzdrojów, w których warunki termiczne i anemologiczne były najbardziej zróżnicowane. Dla rejonów: Krynicy Morskiej i Helu, nie wyznaczono tych związków ze względu na małą liczbę przypadków obserwacji, z których większość stanowił lód napływowy z sąsiednich rejonów (Zatoka Pucka, ujście Wisły). Ponadto w Krynicy Morskiej nie prowadzono pomiarów temperatury wody. Temperatura wody powinna być mierzona u brzegu morza (zatoki), jak na przykład w Gdyni, Władysławowie i Międzyzdrojach, co jest niezbędne w określaniu warunków tworzenia się pierwszego lodu w strefie przybrzeżnej. W większości rejonów temperaturę wody mierzy się w ujściach rzek (w kanałach) lub w basenach portowych.

Z kolei, wyznaczając sumę ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza, uwzględniano również krótkie okresy ociepleń (sumy ciepła). Bowiem w długich okresach ochłodzeń, poprzedzających utworzenie się pierwszego lodu, nie zawsze utrzymywała się ciągłość ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza. Niekiedy w seriach zapisów tych temperatur powietrza występowały jednodniowe, a nawet kilkudniowe okresy ociepleń. Te okresy ociepleń pomniejszały sumę ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza, a w rezultacie opóźniały utworzenie się pierwszego lodu.

Wyprowadzone równanie regresji, określające warunki termiczne utworzenia się pierwszego lodu, mają następującą postać:
dla Gdyni:

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 8{,}82t_w + 12{,}54 \qquad (1)$$

gdzie:

$\sum_{i=1}^{n}(-t_i)$ – suma ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza (°C) ze stacji IMGW w Gdyni (niezbędna do utworzenia pierwszego lodu), liczona od pierwszego dnia ochłodzenia do dnia poprzedzającego wystąpienie pierwszego lodu w Zatoce Gdańskiej przed Gdynią;

t_w – powierzchniowa temperatura wody(°C) w Zatoce Gdańskiej w Gdyni z godziny 13^{00}, z dnia poprzedzającego pierwszy dzień ochłodzenia;

dla Rozewia:

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 17{,}88t_w + 16{,}64 \qquad (2)$$

gdzie: temperaturę powietrza wzięto z Rozewia, temperaturę wody z Władysławowa;

dla Międzyzdrojów:

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 7{,}93t_w + 13{,}37 \qquad (3)$$

gdzie: temperaturę powietrza wzięto ze Świnoujścia, zaś temperaturę wody z Międzyzdrojów.

Wyznaczone równania regresji są istotne statystycznie. Obliczona wartość liczbowa testu istotności F jest większa od wartości granicznych przedstawionych w tablicach matematycznych F_{tabl} dla liczby stopni swobody $\nu_1 = 1$ i $\nu_2 = n - 2$, oraz dla poziomów istotności $\alpha = 0{,}05$ i $0{,}01$. Równania te, mimo że są istotne statystycznie, to jednak nie mają zbyt wysokich współczynników korelacji (0,73 – 0,86), a ponadto mają stosunkowo wysokie standardowe odchylenia regresji (tab. 1).

Powyższe związki przedstawiają przeciętne warunki tworzenia się pierwszego lodu. Aby wyznaczyć najłagodniejsze warunki termiczne, przy których może utworzyć się pierwszy lód, wykreślano dolną obwiednię punktów empirycznych w układzie współrzędnych dla tych związków (nr 1-3). Obwiednia ta wyznacza najmniejszą sumę ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza $\left[\sum(-t_i)_{min}\right]$, niezbędną do utworzenia się pierwszego lodu, a jej równania dla Gdyni, Rozewia i Międzyzdrojów mają odpowiednio postać:

Tabela 1. Współczynniki korelacji (r), standardowe odchylenia regresji (w_y) oraz test (F) i jego wartości graniczne (F_{tabl}) dla liczby stopni swobody v_1=k, v_2=n–k–1 (k – liczba zmiennych niezależnych; n – liczba przypadków) i poziomów istotności α=0,05 i 0,01

Nr związku	r	w_y	F_{tabl}	F_{tabl}		k	n
				$F_{0,05}$	$F_{0,01}$		
1	0,73	9,53	25,57	4,30	7,95	1	24
2	0,86	16,94	45,11	4,49	8,53	1	18
3	0,79	8,73	23,70	4,60	8,86	1	16
7	0,77	9,10	15,59	3,47	5,78	2	24
8	0,88	16,35	25,33	3,68	6,36	2	18
9	0,80	8,87	11,73	3,81	6,70	2	16
10	0,80	8,56	18,95	3,47	5,78	2	24
11	0,88	16,46	24,89	3,68	6,36	2	18
12	0,92	5,87	35,18	3,81	6,70	2	16
13	0,83	8,30	14,26	3,10	4,94	3	24
14	0,90	15,65	19,19	3,34	5,56	3	18
15	0,92	6,01	22,46	3,49	5,95	3	16

$$\Sigma(-t)_{min} = 5{,}8t_w + 9, \tag{4}$$

$$\Sigma(-t)_{min} = 6{,}8t_w + 11, \tag{5}$$

$$\Sigma(-t)_{min} = 4{,}7t_w + 9. \tag{6}$$

Na podstawie tych równań wyznaczono dla określonych wartości temperatury wody odpowiednie najmniejsze sumy ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza, niezbędne do utworzenia się pierwszego lodu dla przyjętych rejonów i przedstawiono je w tab. 2. Z zestawienia tego wynika, że aby mógł utworzyć się pierwszy lód przy powierzchniowej temperaturze wody (sprzed okresu ochłodzenia) nie większej od np. 2,5°C niezbędne jest wystąpienie ochłodzenia określone przez sumę ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza o wartości przynajmniej 20,8°C w rejonie Międzyzdrojów, 23,5°C w rejonie Gdyni i aż 28,0°C w rejonie Rozewia.

Na podstawie przedstawionych związków (nr 1-6) można wykazać, że najmniej sprzyjające warunki do tworzenia się pierwszego lodu występują w rejonie Rozewia, w porównaniu do rejonów pozostałych. Do utworzenia się pierwszego lodu w rejonie Rozewia niezbędna jest stosunkowo największa suma ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza. Główny wpływ na to mają stosunki batymetryczne (blisko akwenów głębokich) oraz słabe osłonięcie tych wód.

Silne mieszanie turbulencyjne i wymiana wód, zwłaszcza przy wietrze odlądowym w zimie, opóźnia spadek powierzchniowej temperatury wody do temperatury jej zamarzania. Z tych względów niezbędne jest silniejsze ochłodzenie (większa suma ujemnych średnich dobowych temperatur

Tabela 2. Powierzchniowa temperatura wody (t_w) i odpowiadająca jej minimalna suma ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza [$\sum_{i=1}^{n}(-t)_{min}$] niezbędna do utworzenia się pierwszego lodu w strefie przybrzeżnej Gdyni, Rozewia i Międzyzdrojów

Gdynia	t_w (°C)≤	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	$\sum_{i=1}^{n}(-t)_{min}$ (°C)≥	11,9	14,8	17,7	20,6	23,5	26,4
Rozewie	t_w (°C)≤	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	$\sum_{i=1}^{n}(-t)_{min}$ (°C)≥	14,4	17,8	21,2	24,6	28,0	31,4
Międzyzdroje	t_w (°C)≤	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	$\sum_{i=1}^{n}(-t)_{min}$ (°C)≥	11,4	13,7	16,1	18,4	20,8	23,1

powietrza), aby ochłodzić te wody do temperatury zamarzania. Należy tu zaznaczyć, że znacznie silniejsze ochłodzenie niezbędne jest do utworzenia się pierwszego lodu na akwenach z dala od brzegu – głębokich. Na akwenach tych mieszanie konwekcyjne obejmuje grubsze warstwy wody (nie ograniczone dnem), stąd dłuższe ochładzanie wody do temperatury zamarzania.

Najbardziej sprzyjające warunki do tworzenia się pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej występują w Międzyzdrojach, mimo że w rejonie tym zasolenie wód jest większe niż w pozostałych badanych rejonach. W Zatoce Pomorskiej do utworzenia się pierwszego lodu niezbędna jest stosunkowo najmniejsza suma ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza. Uwarunkowane to jest głównie warunkami batymetrycznymi Zatoki Pomorskiej. Głębokości Zatoki są niewielkie, nie przekraczające 20 m, a średnia głębokość wynosi nieco powyżej 13 m [7]. Wody płytkich akwenów szybciej reagują na spadek temperatury powietrza i szybciej ochładzają się, zwłaszcza w strefie brzegowej, do temperatury zamarzania (związki nr 3 i 6).

Na warunki tworzenia się pierwszego lodu, oprócz czynników termicznych, ma również wpływ wiatr. Na podstawie wyników obserwacji stwierdzono, że w okresie występowania wiatru z kierunków odlądowych, w porównaniu do pozostałych kierunków wiatru i ciszy, utworzenie się pierwszego lodu zwykle opóźnia się. W warunkach wiatru odlądowego niezbędne są surowsze warunki termiczne (stosunkowo większe sumy ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza), aby mógł utworzyć się pierwszy lód. Podobny efekt wywołują wiatry silne, niezależnie od ich kierunku. Natomiast słabe i umiarkowane wiatry z kierunków dolądowych,

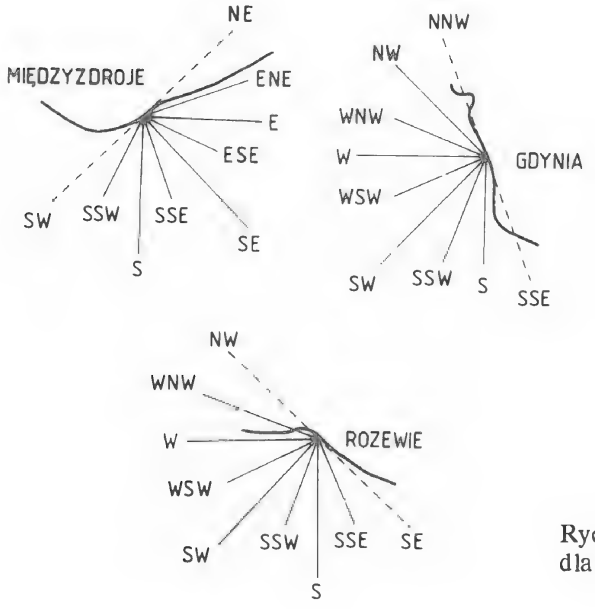
równoległych do brzegu i zmiennych nie mają większego wpływu na warunki tworzenia się pierwszego lodu.

W celu określenia metodą analizy korelacji i regresji wpływu kierunku wiatru na warunki utworzenia się pierwszego lodu, w polskiej strefie przybrzeżnej przyjęto, jako zmienne niezależne, następujące parametry:

f – kierunek wiatru odlądowego (w stopniach) z danego terminu obserwacji (godz. 8^{00}) w dniu utworzenia się pierwszego lodu, o prędkości równej lub większej od 2 m/s;

d – stosunek liczby dni z wiatrem o kierunku odlądowym do wszystkich dni łącznie w okresie od pierwszego dnia ochłodzenia do dnia, w którym utworzył się pierwszy lód. Kierunki wiatru z danych dni przyjmowano jako średnie dobowe.

Wyznaczając kierunki wiatrów odlądowych przyjęto, że w rejonie obserwacyjnym Gdyni linia brzegowa ma przebieg z kierunkiem NNW ku SSE (ryc. 1). Wyszczególniono następujące kierunki odlądowe wiatru i ich wartości kątowe (w stopniach) w stosunku do przebiegu linii brzegowej: S – 22,5°, SSW – 45°, SW – 67,5°, WSW – 90°, W – 67,5°, WNW – 45° i NW –22,5°. W rejonie obserwacyjnym Rozewia linia brzegowa ma przebieg z NW ku SE (ryc. 1), a kierunki odlądowe i ich wartości kątowe są SSE – 22,5°, S – 45°, SSW – 67,5°, SW – 90°, WSW – 67,5°, W – 45° i WNW – 22,5°. Zaś w Międzyzdrojach linia brzegowa ma przebieg z kierunku SW ku NE (ryc. 1), a kierunki odlądowe i ich wartości są następujące: ENE – 22,5°, E – 45°, ESE – 67,5°, SE – 90°, SSE – 67,5°, S – 45° i SSW – 22,5°.



Ryc. 1 Kierunki wiatru odlądowego dla rejonów w: Międzyzdrojach, Gdyni i Rozewiu

Stwierdzono, że w rejonie Gdyni najlepiej z warunkami termicznymi koreluje parametr *d*, zaś w rejonach Rozewia i Międzyzdrojów – parametr sin *f*. Wyprowadzone równania regresji wielokrotnej mają dla Gdyni, Rozewia i Międzyzdrojów odpowiednio postać:

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 8{,}32t_w + 13{,}39d + 8{,}05, \tag{7}$$

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 17{,}74t_w + 15{,}31\sin f + 11{,}95, \tag{8}$$

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 7{,}34t_w + 5{,}06\sin f + 13{,}78. \tag{9}$$

Związki te w porównaniu ze związkami nr 1-3 uzyskały nieznaczny wzrost istotności statystycznej. Niewiele wzrosły współczynniki korelacji oraz dla związków nr 7 i 8 nieco zmalały standardowe błędy regresji (tab. 1). Można więc wnioskować, że kierunek wiatru ma wpływ na warunki tworzenia się pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej, choć jest on niewielki. Ze związków tych wynika również to, że wiatr z kierunków odlądowych opóźnia rozwój zjawisk lodowych. Przy takich warunkach wiatrowych do utworzenia się pierwszego lodu niezbędne jest silniejsze ochłodzenie (większa suma ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza), niż przy wiatrach z pozostałych kierunków lub ciszy. Te utrudnione warunki tworzenia się pierwszego lodu, powodujące w efekcie późniejsze pojawienie się pierwszego lodu, spowodowane są napływem ku strefie przybrzeżnej cieplejszych wód z warstw głębszych, przy jednoczesnym odpływie wychłodzonych wód powierzchniowych ze strefy przybrzeżnej ku otwartemu morzu.

Należy tu wyjaśnić, że w równaniach 7-9 przyjętych kierunków wiatru nie należy kojarzyć z kierunkami napływu mas powietrza (z typami cyrkulacji), które, jak wiadomo, decydują o napływie zimnych lub ciepłych mas powietrza. Warunki termiczne związane z adwekcją tych mas powietrza uwzględnia parametr $\sum_{i=1}^{n}(-t_i)$. Natomiast przyjęte kierunki wiatru mają wpływ lokalny głównie na termikę wód, a te z kolei na warunki tworzenia się pierwszego lodu w określonym rejonie.

Badając z kolei wpływ prędkości wiatru na warunki tworzenia się pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej, przyjęto następujące zmienne niezależne: $\sum_{i=1}^{n} v$ – suma średnich dobowych prędkości wiatru w okresie od pierwszego dnia ochłodzenia do dnia, w którym utworzył się pierwszy lód; $\overline{v}$ – średnia prędkość wiatru od pierwszego dnia ochłodzenia do dnia, w którym utworzył się pierwszy lód. Stwierdzono, że w rejonach: Gdyni, Rozewia i Międzyzdrojów, najlepiej z warunkami termicznymi koreluje parametr $\sum_{i=1}^{n} v$.

Wyprowadzone równania regresji wielokrotnej z tym parametrem mają odpowiednio postać:

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 6{,}52t_w + 0{,}19\sum_{i=1}^{n}v + 8{,}04, \tag{10}$$

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 13{,}84t_w + 0{,}13\sum_{i=1}^{n}v + 14{,}65, \tag{11}$$

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 6{,}16t_w + 0{,}38\sum_{i=1}^{n}\mathrm{v} + 1{,}66. \tag{12}$$

Związki te, oprócz związku nr 11, w porównaniu ze związkami nr 7-9 są bardziej istotne statystycznie (tab. 1). Na tej podstawie można wnioskować, że w rejonach Gdyni i Międzyzdrojów na warunki tworzenia się pierwszego lodu stosunkowo większy wpływ ma prędkość wiatru aniżeli jego kierunek. Tylko w rejonie Rozewia wpływ kierunku i prędkości wiatru na tworzenie się pierwszego lodu jest podobny. Ponadto ze związków nr 10-12 wynika, że wzrost prędkości wiatru, podobnie jak występowanie wiatru z kierunków odlądowych, utrudnia i w efekcie opóźnia tworzenie się pierwszego lodu. Im wyższa jest bowiem wartość $\sum_{i=1}^{n}v$, tym niezbędne jest większe ochłodzenie (większa wartość sumy ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza), aby mógł utworzyć się pierwszy lód. Wiatr wywołujący mieszanie turbulencyjne przyczynia się do powolniejszego spadku temperatury wody powierzchniowej i w efekcie wydłuża okres wychładzania wody do temperatury jej zamarzania. Jednocześnie zwiększa się wartość sumy ujemnych temperatur powietrza, niezbędnej do utworzenia się pierwszego lodu.

Uwzględniając łączny wpływ kierunku i prędkości wiatru na warunki tworzenia się pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej Bałtyku otrzymano dla Gdyni, Rozewia i Międzyzdrojów następujące równania regresji wielokrotnej:

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 6{,}34t_w + 10{,}78d + 0{,}17\sum_{i=1}^{n}v + 4{,}87, \tag{13}$$

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 13{,}51t_w + 15{,}93\sin df + 0{,}13\sum_{i=1}^{n}v + 9{,}68, \tag{14}$$

$$\sum_{i=1}^{n}(-t_i) = 5{,}86t_w + 2{,}89\sin df + 0{,}38\sum_{i=1}^{n}v + 2{,}09. \tag{15}$$

Związki te, oprócz związku nr 15, w porównaniu z poprzednimi uzyskały najwyższą istotność statystyczną. Jednak biorąc pod uwagę dużą liczbę wprowadzonych do równań zmiennych (4), związki te, mimo że mają najwyższe współczynniki korelacji, nie uzyskały znaczącego wzrostu istotności statystycznej w stosunku do związków nr 1-3, uwzględniających tylko warunki termiczne (tab. 1).

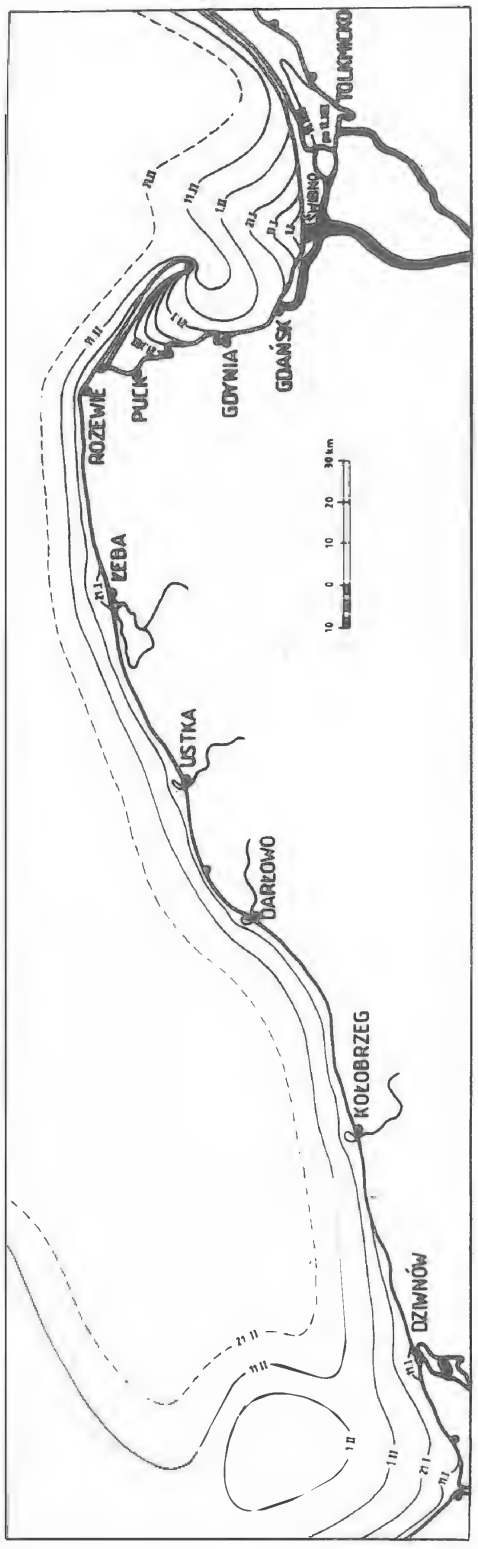
PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE TERMINÓW POJAWIENIA SIĘ PIERWSZEGO LODU

Wzdłuż polskiego wybrzeża, poza akwenami osłoniętymi (Zalew Wiślany, Zalew Szczeciński i Zatoka Pucka), portami i ujściowymi odcinkami rzek (tab. 3), zjawiska lodowe najwcześniej pojawiają się w rejonach ujść rzek oraz w rejonach graniczących z akwenami osłoniętymi (np. Gdynia). Analizując wartości średnie dla strefy przybrzeżnej pierwszy lód pojawia się najwcześniej – w trzeciej dekadzie grudnia w rejonie ujścia Przekopu Wisły (tab. 4; ryc. 2). Jest to lód napływowy z Wisły, na której zjawiska lodowe tworzą się znacznie wcześniej niż w Zatoce Gdańskiej. Na Wiśle w rejonie Tczewa pierwszy lód pojawia się przeciętnie już 8 XII [4]. Stosunkowo wcześnie pierwsze zjawiska lodowe pojawiają się również w Zatoce Pomorskiej. W rejonach ujścia Dziwny i Świny pierwszy lód pojawia się w pierwszej dekadzie stycznia, a w rejonie Międzyzdrojów – w jego drugiej dekadzie. W drugiej i trzeciej dekadzie stycznia lód ten pojawia się w strefie między Kołobrzegiem i Rozewiem oraz w rejonie Gdyni

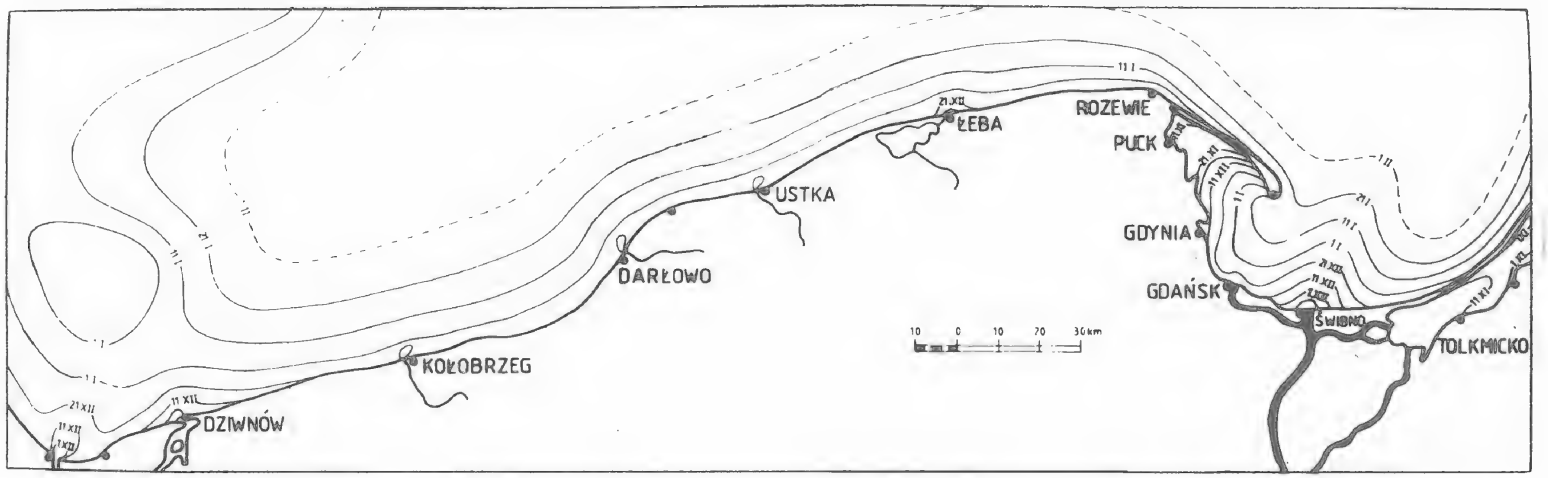
Tabela 3. Średnie i ekstremalne terminy wystąpienia pierwszego lodu w portach i ujściach rzek w okresie zim 1946/47 – 1985/86

Nr	Rejon obserwacji	Termin wystąpienia pierwszego lodu			Liczba zim	
		najwcześniejszy	średni	najpóźniejszy	obserwowanych	w tym bez lodu
1	Świbno, Przekop Wisły[1]	17 XI	19 XII	17 II	32	0
2	Gdańsk port	18 XII	14 I	8 III	40	8
3	Gdynia port	9 XII	20 I	8 III	40	4
4	Puck port i wody przyległe	11 XI	19 XII	12 II	40	1
5	Jastarnia port i wody przyległe[1]	19 XI	20 XII	18 I	29	2
6	Hel port	10 I	28 I	12 III	32	14
7	Władysławowo port[2]	23 XII	17 I	27 II	26	4
8	Łeba port[1]	15 XI	19 XII	17 I	32	5
9	Ustka port	2 XII	1 I	1 III	40	5
10	Darłowo port	15 XI	25 XII	28 II	40	3
11	Kołobrzeg port	1 XII	3 I	19 II	40	3
12	Dziwnów port[3]	17 XI	26 XII	7 II	38	2
13	Świnoujście port	26 XI	31 XII	22 II	40	1

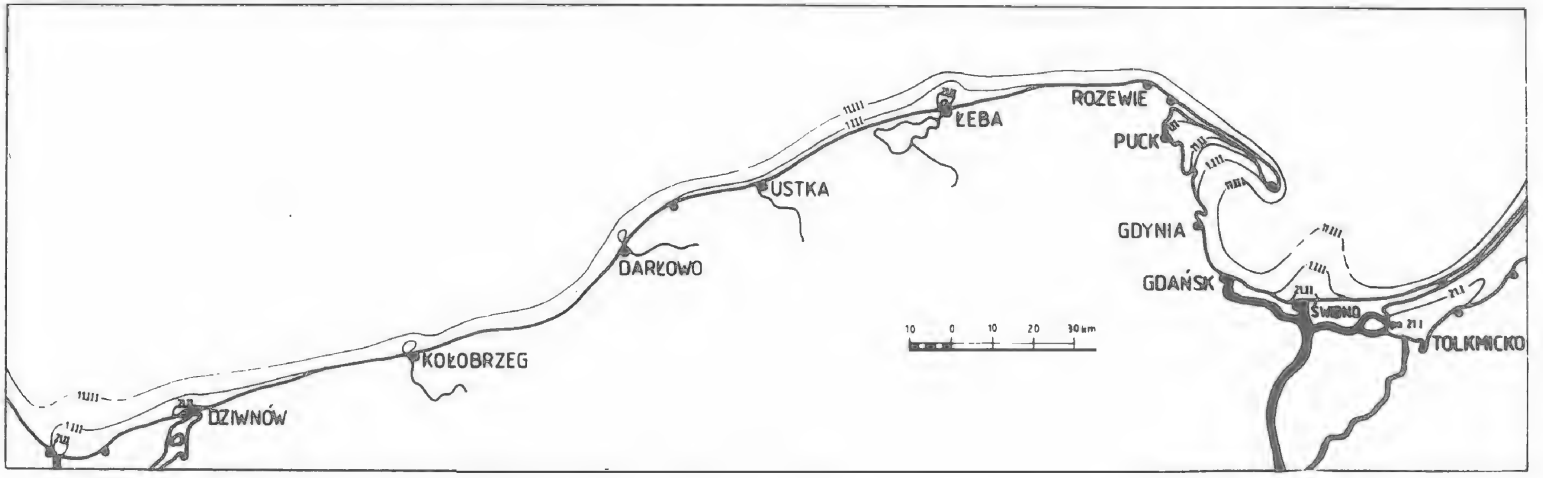
Dane począwszy od: [1]zimy 1954/55; [2]zimy 1960/61; [3]zimy 1948/49



Ryc. 2. Średni termin wystąpienia pierwszego lodu



Ryc. 3. Najwcześniejszy termin wystąpienia pierwszego lodu



Ryc. 4. Najpóźniejszy termin wystąpienia pierwszego lodu

Tabela 4. Średnie i ekstremalne terminy wystąpienia pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej w okresie zim 1946/47–1985/86

Nr	Rejon obserwacji	Termin wystąpienia pierwszego lodu			Liczba zim	
		najwcześniejszy	średni	najpóźniejszy	obserwowanych	w tym bez lodu
1	Morze przed Krynicą Morską	31 XII	8 II	9 III	40	19
2	Morze przed Świbnem[1]	18 XI	25 XII	17 II	32	2
3	Morze przed Gdańskiem	21 XII	28 I	7 III	40	14
4	Morze przed Gdynią	9 XII	18 I	8 III	40	8
5	Morze na W od Helu	10 I	2 II	9 III	40	20
6	Morze na S od Helu	14 I	10 II	9 III	40	24
7	Morze na E od Helu	16 I	9 II	9 III	40	29
8	Morze na N od Helu	15 I	6 II	23 II	40	31
9	Morze przed Rozewiem	23 XII	26 I	8 III	40	20
10	Morze przed Łebą[1]	8 XII	19 I	28 II	32	16
11	Morze przed Ustką	27 XII	29 I	1 III	40	17
12	Morze przed Jarosławcem[2]	22 XII	14 I	1 III	25	9
13	Morze przed Darłowem	22 XII	29 I	6 III	40	14
14	Morze przed Kołobrzegiem	24 XII	23 I	4 III	40	13
15	Morze przed Dziwnowem[1]	9 XII	3 I	17 II	32	3
16	Morze przed Międzyzdrojami[1]	17 XII	15 I	23 II	32	7
17	Morze przed Świnoujściem	16 XII	10 I	6 III	40	5

Dane począwszy od: [1]zimy 1954/55; [2]z okresu zim 1959/60 – 1983/84

i Gdańska. Najpóźniej zaś – w pierwszej dekadzie lutego – w rejonach Helu i Krynicy Morskiej (tab. 4; ryc.2).

Rozpatrując wartości ekstremalne, stwierdza się podobny przebieg pojawienia się tego lodu jak dla wartości średnich. Najwcześniej, bo już w drugiej dekadzie listopada (18 XI 1965), pierwszy lód pojawił się w rejonie ujścia Przekopu Wisły (tab. 4; ryc. 3). Później, bo dopiero pod koniec pierwszej dekady grudnia, lód ten pojawił się w rejonach ujść: Łeby (8 XII 1959) i Dziwny (9 XII 1969), oraz w rejonie Gdyni (9 XII 1959). W drugiej dekadzie grudnia lód ten pojawia się w pozostałej strefie Zatoki Pomorskiej, a jego trzeciej dekadzie – w pozostałej polskiej strefie przybrzeżnej, oprócz rejonów Helu. W rejonach Helu pierwszy lód pojawia się najpóźniej na wybrzeżu polskim, bo dopiero w pierwszej i drugiej dekadzie stycznia (tab. 4; ryc. 3).

Stosunkowo wczesne pojawienie się tego lodu w rejonach: Świbna, Łeby, Dziwnowa i Gdyni, jest spowodowane napływem lodu z rejonów sąsiednich. Do rejonu Świbna lód napływa z Przekopu Wisły; do rejonu Łeby – z jeziora Łebsko; w rejon Dziwnowa – z Zalewu Kamieńskiego, a do rejonu Gdyni – z Zatoki Puckiej. Należy tu podkreślić, że lód napływowy z Zatoki Puckiej nie tylko czasami daje początek pierwszym zjawiskom lodowym, lecz także niekiedy decyduje o zalodzeniu rejonu Gdyni. Według obliczeń Zakrzewskiego [16] 65% objętości lodu występującego w Zatoce Puckiej odpływa do Zatoki Gdańskiej, a tylko niewielka część tego lodu (35%) ulega stopnieniu na miejscu.

Stosunkowo późne wystąpienie pierwszego lodu w rejonach Helu i Krynicy Morskiej spowodowane jest znacznymi głębokościami tych stref przybrzeżnych oraz odleglejszym położeniem od ujść rzecznych. Ciepło zakumulowane w głębszych warstwach utrudnia i przedłuża ochładzanie się wód do temperatury zamarzania. Dlatego też im dalej od brzegu, tym przeważnie później pojawia się pierwszy lód (ryc. 2-4).

W wyniku przeprowadzonej analizy należy podkreślić, że istnieje zróżnicowanie terminów wystąpienia pierwszego lodu wzdłuż strefy przybrzeżnej. Zróżnicowanie to, poza rejonami ujść rzek, przejawia się późniejszym terminem wystąpienia pierwszego lodu w kierunku z zachodu na wschód, zwłaszcza dla terminu średniego (ryc. 2) i terminu najwcześniejszego (ryc. 3).

UWAGI KOŃCOWE

Dotychczas przeprowadzane badania nad określeniem wpływu czynników hydrologiczno-meteorologicznych na tworzenie się pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej Bałtyku nie dały w pełni zadowalających rezultatów. Oprócz przyczyn obiektywnych, jak np. duża zmienność warunków hydrologiczno-meteorologicznych, brak szczegółowych i długoletnich obserwacji zlodzenia, ograniczenie się do jednej obserwacji na dobę, i inne, na taki stan badań mają również wpływ przyczyny subiektywne. Przyczyn tych należy dopatrywać się głównie w podejściu metodycznym. Zapewne lepsze rezultaty otrzymano by, próbując rozwiązać ten problem na podstawie analizy równania bilansu cieplnego. Jednak ze względu na trudności w wyznaczaniu elementów tego bilansu nie podjęto tej próby.

Wprowadzając równanie regresji przyjęto założenie o proporcjonalności ilości utraconego ciepła w procesie tworzenia się pierwszego lodu i sumy ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza. Przyjmując, że temperatura zamarzania wody w konkretnym akwenie jest stała, to wspomnianą ilość ciepła można przyjąć za proporcjonalną do temperatury wody wyznaczonej na początku ochłodzenia. W rezultacie więc można przyjąć, że suma ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza jest

proporcjonalna do temperatury wody wyznaczonej na początku ochłodzenia.

Mimo oczywistych trudności wykazano, że na warunki tworzenia się pierwszego lodu w polskiej strefie przybrzeżnej Bałtyku, oprócz czynników termicznych, ma również wpływ wiatr, choć już znacznie mniejszy. Wraz ze wzrostem prędkości wiatru zwiększa się mieszanie turbulencyjne wód, które opóźnia początek procesu zamarzania. Podobny efekt wywołuje wiatr z kierunku odlądowego. Im bardziej zbliża się on do kierunku prostopadłego w stosunku do brzegu, tym bardziej sprzyja to odpływowi ze strefy przybrzeżnej wychłodzonych wód powierzchniowych i jednocześnie napływowi cieplejszych wód dennych do tej strefy. W rezultacie opóźnia się zamarzanie wody. Zatem niezbędne jest silniejsze ochładzanie, aby mógł utworzyć się pierwszy lód.

Wyprowadzone równania regresji wielokrotnej, uwzględniające oprócz czynników termicznych również kierunek i prędkość wiatru na tworzenie się pierwszego lodu, mimo że są istotne statystycznie, to jednak nie na tyle, aby mogły być bez zastrzeżeń stosowane do celów prognostycznych. W przyszłości należy nadal prowadzić badania nad zastosowaniem dla celów prognostycznych różnych metod, głównie metod matematyczno-fizycznych.

JÓZEF PIOTR GIRJATOWICZ

THE CONDITIONS OF FIRST ICE FORMATION IN THE POLISH COASTAL ZONE OF THE BALTIC

Summary

The impact of thermal anemological conditions on first ice formation in three selected coastal zone areas (Gdynia, Rozewie and Międzyzdroje) was determined on the basis of the records from the State Hydrometeorological Institute covering 40-year period (1946/47 to 1985/86), and by the application of correlation and regression analysis. It has been found that first ice formation is affected not only by thermal conditions but wind direction and speed as well. This influence, however, is relatively small since when wind direction and speed had been taken into account in multiple regression equations (nos. 7-15), their statistical significance increased only slightly. The second part of the paper territorial differentiation of the periods of first ice formation within the Polish coastal zone of the Baltic Sea. The study is based on original table computations (tab. 3 and 4) and maps (fig. 2 to 4).

ЮЗЭФ ПЁТР ГИРЬЯТОВИЧ

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО ЛЬДА В ПОЛЬСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ БАЛТИКА

Резюме

На основании архивальных материалов Института Метеорологии и Водного Хозяйства в период охватывающий 40 лет (1946/47–1985/86) и на базе метода анализа корреляции и регрессии, исследовали влияние термических и анемологических условий на образование первичного льда в трёх районах прибрежной зоны (Гдыня, Розэве, Мендзиздрое). Установлено, что образование первичного льда зависит не только от термических условий, но также от направления и скорости ветра. Однако влияние это слишком небольшое. Принимая во внимание направление ветра и его скорость в уравнениях множественной регресси, их статистическая сущность повысилась, но на немного. Во второй части работы, на основании оригинальных табличных сопоставлений (таб. 3-4), а также составленных карт (черт. 2-4), проведено характеристику пространственного дифференцирования в срок появления первичного льда в польской прибережной зоне Балтика.

PIŚMIENNICTWO

1. *Atlas der Eisverhältnisse in deutschen und benachbarten Ost- und Nordseegebiet*, Hamburg 1942. – 2. *Atlas L'dov baltijskogo moria i prilegajuščich rajonov*, pod red. J. V. Preobraženskogo, Gidrometeoizdat, Leningrad 1960. – 3. Girjatowicz J. P.: *Zjawiska lodowe u polskiego wybrzeża Bałtyku oraz ich wpływ na żeglugę i na rybołówstwo*, Rozprawy nr 91, Akademia Rolnicza w Szczecinie, 1983. – 4. Gołek J.: *Zjawiska lodowe na rzekach polskich*, Prace PIHM, z. 48, Warszawa 1957. – 5. Greń J.: *Statystyka matematyczna, modele i zadania*, PWN, Warszawa 1976. – 6. Lauro-siewicz B.: *Związki empiryczne określające datę wystąpienia pierwszego lodu w wybranych rejonach polskiego wybrzeża*, (maszynopis), IMGW, Gdynia 1975. – 7. Majewski A.: *Charakterystyka hydrologiczna Zatoki Pomorskiej*, WKiŁ., Warszawa 1974. – 8. Maliński J.: *Prognoza zlodzenia w obszarze polskich wód przybrzeżnych*, Biuletyn PIHM, nr 2, Warszawa 1964. – 9. Maliński J.: *Próba określenia sposobu wyznaczania warunków tworzenia się lodu na południowym Bałtyku*, Materiały PIHM, nr 379, Warszawa 1968. – 10. Maliński J.: *Zależność prognostyczna występowania pierwszego lodu w obszarze polskich wód przybrzeżnych Bałtyku*, Przegl. Geof., z. 3, Warszawa 1960. – 11. Pastors A. A.: *Ledovitost' Riskogo Zaliva*, Izd. UGMS Latv. SSR, Riga 1965. – 12. Prüfer G.: *Die Eisverhältnisse in den deutschen und den ihnen benachbarten Ost- und Nordseegebieten*, Ann. Hydr. Mar. Met., Hamburg 1942. – 13. Stopa-Boryczka M.: *Cechy termiczne klimatu Polski*, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, 1973. – 14. Tjutnev J. A.: *K metodike kratkosročnych prognozov zamerzanija pribrežnych rajonov moriej*, Trudy CIP, wyp. 14/41, Moskva 1949. – 15. Tjutnev J. A.: *Metod kratkosročnych prognozov pojavlenija l'da na moriach*, Trudy CIP, wyp. 3/30, Moskva 1948. – 16. Zakrzewski W.: *Bilans lodowy Zatoki Puckiej*, Przgl.Geof., z. 3, Warszawa 1981.

Praca przyjęta przez redakcję 27 VI 1990.

SZCZECIŃSKIE ROCZNIKI NAUKOWE – ANNALES SCIENTIARUM STETINENSES
1992 t. VII, z. 1, s. 67 – 85

STEFAN TRZECIAK

MGŁY I ZJAWISKA IM TOWARZYSZĄCE W ZACHODNIEJ CZĘŚCI POLSKIEGO WYBRZEŻA BAŁTYKU

Instytut Nawigacji Morskiej Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie
ul. Wały Chrobrego 1, 70-500 Szczecin

S t r e s z c z e n i e: Na podstawie 25-letnich materiałów obserwacyjnych ze stacji meteorologicznych w Świnoujściu i Kołobrzegu oraz posterunku meteorologicznego w Dziwnowie opracowano częstość występowania mgieł na odcinku od Świnoujścia po Kołobrzeg oraz określono towarzyszące im kierunki i prędkości wiatrów, rodzaje chmur oraz wilgotność powietrza. Stwierdzono, że na całym analizowanym odcinku wybrzeża istnieje duże podobieństwo pod względem częstości występowania mgieł jak i charakteru towarzyszących im zjawisk. Świadczy to, że zdecydowana większość mgieł pojawiających się w strefie brzegowej Bałtyku to mgły napływowe.

S ł o w a k l u c z o w e: mgły – chmury – wiatr – strefa brzegowa Bałtyku – meteorologia – Świnoujście – Dziwnów – Kołobrzeg.

WSTĘP

Mgła to zawiesina mikroskopijnych kropelek w powietrzu, zmniejszająca widzialność poniżej 1000 m. Główną przyczyną tworzenia się mgieł jest ochłodzenie się powietrza poniżej temperatury punktu rosy. W zależności od warunków powstawania dzieli się je na mgły z ochłodzenia oraz mgły z wyparowania. Do pierwszych zalicza się mgły radiacyjne – powstające na skutek wychłodzenia się się podłoża, i mgły adwekcyjne – będące wynikiem ruchu ciepłego powietrza nad wychłodzonym podłożem; do drugich – mgły frontowe – często jest to parowanie kropel deszczu w strefie przedfrontalnej frontu ciepłego, prowadzące do nasycenia powietrza, oraz mgły – będące wynikiem parowania powierzchni wody. Mgłom adwekcyjnym towarzyszą często wiatry o prędkości do 5 m/s, a mgłom frontowym, oprócz wiatru towarzyszą opady w postaci deszczu lub mżawki. Mgły adwekcyjne na pograniczu obszarów morskich i lądowych stanowią większość spośród wszystkich rodzajów mgieł. Powstają one przy napływie ciepłego wilgotnego powietrza nad chłodniejsze podłoże.

Obszarem o stosunkowo częstym, w porównaniu z resztą kraju, wystę-

powaniu mgieł jest strefa brzegowa Bałtyku. Ma ona tutaj bardzo duże znaczenie ze względu na bezpieczeństwo żeglugi, jak i pracę portów [1, 2, 4, 7]. Odnosi się to także do zachodniej części polskiego wybrzeża Bałtyku – odcinka wybrzeża od Świnoujścia po Kołobrzeg. Uprawiana jest tutaj żegluga handlowa i pasażerska, istnieje duży ruch na torze wodnym wiodącym przez Zatokę Pomorską do Świnoujścia, prowadzone są połowy i pracują porty.

W opracowaniu niniejszym postawiono sobie dwojaki cel. Pierwszym – jest określenie częstości występowania mgieł na przestrzeni roku w tej części wybrzeża, zaś drugim – bliższe określenie charakteru tych mgieł.

Należy tu dodać, że zagadnienie mgieł w tej części brzegowej Bałtyku nie było do tej pory przedmiotem badań, aczkolwiek wielu autorów zajmowało się tym zjawiskiem meteorologicznym. Między innymi Holec [6] rozpatrywał to zagadnienie w aspekcie pracy portów, Prawdzic i Sucheta [13] – interesowali się prawdopodobieństwem występowania mgieł w zależności od warunków klimatycznych, Prawdzic i wsp. [14] analizowali warunki klimatyczne w Darłowie, a jednym z głównych elementów była mgła. Bardzo szczegółową charakterystykę mgły jako zjawiska meteorologicznego przeprowadziła w swojej pracy doktorskiej Weber [17]. Obszarem badań był tor wodny Szczecin – Świnoujście i Zalew Szczeciński. O utrudniających pracę portu w Szczecinie zjawiskach, w tym o mgle, traktuje także praca Weber i Girjatowicza [18].

Podstawę niniejszego opracowania stanowią codzienne materiały obserwacyjne ze stacji meteorologicznych w Dziwnowie z lat 1961-1985, zebrane w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie.

WYNIKI

ŚWINOUJŚCIE

W ciągu analizowanego 25-lecia w Świnoujściu zanotowano ogółem 1002 dni z mgłą, co daje średnio w roku 40,0 dni z tym zjawiskiem. Rzeczywista liczba dni z mgłą w ciągu roku wynosiła w krańcowych latach tego wielolecia od 55 w roku 1969 do 17 w roku 1956 (tab. 1).

Na przestrzeni roku istnieją dwie grupy miesięcy wyraźnie różniące się częstością występowania mgieł. Do pierwszej – o dużej częstości, należą miesiące od października do kwietnia, a do drugiej – od maja do września.

Miesiącem o największej liczbie dni z mgłą jest październik – 5,6. Rokrocznie notowano wystąpienie mgły w styczniu, listopadzie i grudniu.Najrzadziej pojawiła się ona w lipcu – tylko w 6 latach. Dzieląc umownie okres roku [10] na półrocze chłodne (od października do marca) i półrocze ciepłe (od kwietnia do września), na pierwsze z nich przypada 63,5% ogólnej rocznej liczby dni z mgłą, a na drugie – 26,5%.

Tabela 1. Miesięczne zestawienia liczby dni z mgłą w Świnoujściu

Lata	Miesiące												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961	2	5			1				1	7	3	2	21
1962	1	4	2	4	1	2	1				4	12	31
1963	4	2	4	2	1	2			2	7	2	10	36
1964	2		6	4	2	1	1	1	1	5	9	4	36
1965	4	6	6	1	1	1		3	2	4	6	3	37
1966	2	4	1	3	2	1			1		2	1	17
1967	4	5	4	4			1			4	1	3	26
1968	3	3	3			4	1	3		3	7	9	36
1969	2	18	7		3	1			1	5	12	4	53
1970	4	1	11	3	2	1			2	9	9	8	50
1971	5	13	4	3	1	2		1	1	4	4	7	45
1972	2	2	5	8	2	1			3	11	5	7	46
1973	5	3	10	7	1			1	2	4	8	5	46
1974	7	1	5	5	2	1			2	6	3	6	38
1975	4	1	6	4	2		3	1		9	1	2	33
1976	3	4	3	10						10	7	3	40
1977	6	1	1	4	1			4	1	2	6	5	31
1978	2	7	2	1	1			3	3	3	7	6	35
1979	9	3		8	5	2	3	2	3	12	4	4	55
1980	5	3	1	7	5	3		4	4	14	8	4	58
1981	5	3	8	5		2		1	2	7	2	3	38
1982	6	7	8	5	5	2		3	3	7	6	5	57
1983	6	8	8	9	3	1		1	3	7	6	5	57
1984	2	8	9	5	2	3		1	3	7	5	6	51
1985	7	4	4	3		3		1	4	4	3	5	38
Suma	102	116	118	105	43	33	10	30	44	151	130	129	1011
Średnia	4,1	4,6	4,7	4,2	1,7	1,3	0,4	1,2	1,8	6,0	5,2	5,2	40,4

W latach 1961–1985 w okresach: IV–IX = 266 dni z mgłą (26,5%); X–III = 636 dni z mgłą (63,5%); I–XII = 1002 dni z mgłą (100%)

Liczba dni z mgłą w stosunku do ogólnej liczby dni miesiąca waha się od 1,6% w lipcu, do 18,0% w listopadzie, przy średniej rocznej 10,4% (tab. 2).

W przekroju rocznym – w czasie mgieł przeważają wiatry z kierunków: E, SE, S i SW, czyli od strony lądu; przypada na nie 58,1%. Tymczasem na kierunki N, NE, NW i W, a więc od morza, 34,4% ogólnej ilości wiatrów (tab. 3). W 7,6% przypadków wiatru w czasie mgły nie stwierdzono.

W półroczu ciepłym wiatry od lądu stanowią 28,5%, od morza – 61,8%, zaś cisze – 9,7%. Inaczej sytuacja ta kształtuje się w półroczu chłodnym, kiedy to wiatry od morza stanowią tylko 24,8%, natomiast od lądu 68,3%. W 6,9% przypadków mgieł wiatr nie wystąpił.

Tabela 2. Udział (%) liczby dni z mgłą w ogólnej liczbie dni miesiąca

Miesiące	Strefy brzegowe Bałtyku		
	Świnoujście	Dziwnów	Kołobrzeg
I	13,2	14,1	13,2
II	16,4	19,7	16,6
III	15,2	15,1	16,8
IV	14,1	13,6	15,1
V	5,5	4,1	6,3
VI	4,4	4,5	4,3
VII	1,3	1,4	2,8
VIII	3,9	3,6	3,1
IX	5,9	8,1	4,5
X	18,2	18,6	10,7
XI	17,3	14,7	14,5
XII	16,6	14,6	14,6
średnia	10,9	11,0	10,2

Tabela 3. Częstotliwość (%) występowania podczas mgły w Świnoujściu: A –wiatrów od morza, B – wiatrów od lądu, C – cisz

Miesiące	A	B	C
I	30,3	63,1	5,6
II	28,0	60,4	11,6
III	49,4	46,9	3,7
IV	73,4	17,7	8,9
V	69,7	24,3	6,0
VI	68,2	22,7	9,1
VII	50,0	50,0	0
VIII	47,9	34,7	17,4
IX	31,0	55,2	13,8
X	23,9	66,9	9,2
XI	8,4	86,1	5,5
XII	17,2	78,1	4,7
IV - IX	61,8	28,5	9,7
X - III	24,8	68,3	6,9
I - XII	34,3	58,1	7,6

Najczęściej, bo aż w 86,1% przypadków wiatr od lądu towarzyszy mgłom w listopadzie, nieco rzadziej – w 78,1% przypadków – w grudniu. Zbliżone wartości notuje się w październiku, styczniu i lutym (od 66,9% do 60,4%).W kwietniu wiatry od lądu stanowią tylko 17,7%, w czerwcu – 22,7%. W lipcu ilość wiatrów od lądu i od morza towarzysząca mgłom jest równa, wynosząc po 50,0%.

Wiatry od strony morza najczęściej obserwowane są w kwietniu – 73,4%, następnie w maju – 69,7%, czerwcu–68,2%, zaś najrzadziej w listopadzie – 8,4%.

Ciszę w czasie mgły notowano najczęściej w sierpniu – 17,4% przypadków, a następnie we wrześniu – 13,8%. Ani jednego przypadku ciszy nie odnotowano w lipcu.

Prędkość wiatru towarzyszącego mgle wynosi średnio w roku 2,6 m/s, przy czym, gdy jest to wiatr od morza, wówczas jego prędkość jest większa – 3,0 m/s, a od lądu mniejsza – 2,4 m/s. Różna jest ona także w zależności od pory roku. Jeśli jest to wiatr od morza, to jego przeciętna prędkość latem wynosi 3,2 m/s, a zimą – 2,6 m/s; zaś gdy od lądu – wynosi ona odpowiednio: 2,2 m/s i 2,4 m/s (tab. 4).

Tabela 4. Średnia prędkość wiatru (m/s) podczas mgły w Świnoujściu: A – wiatry od morza, B – wiatry od lądu, C – wartości średnie

Miesiące	A	B	C
I	3,0	2,6	2,7
II	2,6	2,5	2,5
III	2,8	2,3	2,6
IV	3,6	2,7	3,5
V	3,3	2,8	3,2
VI	4,2	2,4	3,7
VII	4,0	2,0	3,0
VIII	2,1	1,4	1,8
IX	2,0	1,8	1,9
X	2,1	2,1	2,1
XI	2,1	2,5	2,5
XII	2,7	2,4	2,5
IV - IX	3,2	2,2	2,8
X - III	2,6	2,4	2,5
I - XII	3,0	2,4	2,6

Prędkość wiatru wiejącego od strony morza jest największa w czerwcu – średnio 4,2 m/s, a następnie w lipcu – 4,0 m/s, w kwietniu – 3,6 m/s, w maju 3,3 m/s. Te cztery miesiące bardzo wyraźnie różnią się od pozostałych, a szczególnie od miesięcy jesiennych: września – 2,0 m/s, oraz sierpnia, października i listopada wszystkie po – 2,1 m/s.

Prędkość wiatru odlądowego nie wykazuje tak dużego zróżnicowania pomiędzy poszczególnymi miesiącami. Największa jest ona w maju – 2,8 m/s, i kwietniu – 2,7 m/s, a następnie w sierpniu – 1,4 m/s. Różnica wynosi w tym przypadku 1,4 m/s; ponadto zmiany prędkości z miesiąca na miesiąc są w miarę równomierne.

Zjawisku mgły towarzyszą także chmury (tab. 5). Przyjmując za 100% wszystkie tego rodzaju przypadki, prawie 75% wystąpiło w okresie

Tabela 5. Częstotliwość (%) występowania rodzajów chmur podczas mgły w Świnoujściu

Misiące	Rodzaje chmur										Suma
	Cirrus	Cirro-cumulus	Cirrostratus	Altocumulus	Altostratus	Nimbo-stratus	Strato-cumulus	Stratus	Cumulus	Niebo niewidoczne	
I	0,3	0	0	0,1	1,0	0,6	1,2	6,5	0	0,6	10,3
II	0,3	0	0	0,2	0,7	0,3	1,0	7,3	0,1	1,1	11,1
III	0,6	0,1	0,1	0,7	0,2	0,4	1,2	7,6	0	0,2	11,2
IV	0,3	0	0	0,3	0,6	0,3	1,0	6,6	0,8	0,8	10,8
V	0,4	0	0,1	0,2	0	0	0,1	2,7	0,2	0,3	4,1
VI	0,1	0	0	0,1	0	0	1,0	0,9	0,2	0,4	2,8
VII	0	0	0	0	0	0	0	1,0	0,2	0	1,2
VIII	0,2	0	0	0,3	0	0	0,2	1,1	0,3	0,6	2,8
IX	0,2	0	0	0,2	0	0	0,4	1,8	0,1	0,4	3,3
X	1,0	0	0	0,9	0,4	1,0	1,6	8,3	0,3	2,4	15,0
XI	0,2	0	0	0,3	0,4	0,6	1,6	9,9	0	1,1	14,1
XII	0,3	0	0,1	0,1	0,7	0,4	1,3	9,1	0,1	1,0	13,2
IV - IX	1,2	0	0,1	1,1	0,6	0,3	2,7	14,1	1,8	2,5	25,1
X - III	2,7	0,1	0,2	2,3	3,4	2,4	7,9	48,7	0,5	6,4	74,9
I - XII	3,9	0,1	0,3	3,4	4,0	2,7	10,6	62,8	2,3	8,9	100,0

Tabela 6. Średnia (%) wilgotność względna powietrza w dniach z mgłą w Świnoujściu, Dziwnowie i Kołobrzegu

Strefy brzegowe Bałtyku	Miesiące												Okresy		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII	IV-IX	X-III
Świnoujście	86	85	80	79	78	76	79	80	81	85	88	88	82	79	85
Dziwnów	87	88	86	82	80	77	79	81	83	85	89	88	84	80	87
Kołobrzeg	88	86	83	80	78	77	74	76	80	84	88	88	82	78	86

zimowym, a 25% w okresie letnim. Okres roku dzieli się na dwie wyraźne części pod względem częstości jednoczesnego występowania mgieł i chmur. Pierwszy okres – o częstości od 10,3% do 15,0% – od października do kwietnia, a drugi – o częstości od 1,2% do 4,1% – od maja do września.

Rodzajem chmur, towarzyszącym mgle w dominującym nad innymi stopniu, są chmury stratus – 62,8%, przed stratocumulusami – 10,6%. Tak znaczna przewaga utrzymuje się zarówno w chłodnej, jak i ciepłej porze roku.

Średnia roczna wilgotność względna powietrza w dniach z mgłą wynosi w Świnoujściu 82%, będąc o 3% niższą w porze ciepłej i o 3% wyższą w chłodnej porze roku (tab. 6). W poszczególnych miesiącach waha się ona od 88% w listopadzie i grudniu do 76% w czerwcu. Wyraźny jej wzrost następuje w październiku – miesiącu rozpoczynającym okres o dużej wilgotności, który trwa do lutego włącznie. Marzec rozpoczyna okres o wilgotności znacznie mniejszej.

DZIWNÓW

W okresie 1961-1985 zanotowano w Dziwnowie 1000 dni z mgłą, co daje średnio 40 dni w roku. Różnice w stosunku do średniej w poszczególnych latach wynoszą od kilku do kilkunastu dni; najmniej dni z mgłą, bo 18, notowano w roku 1964, a najwięcej – 59 – w roku 1977 (tab. 7). Na przestrzeni roku istnieją dwa okresy różniące się wyraźnie częstością występowania mgieł: pierwszy – o dużej częstości, trwa od października do kwietnia, a drugi – od maja do września. W pierwszym z nich średnio w miesiącu notuje się od 4,4 do 5,8 dnia z mgłą, a w drugim od 0,4 do 1,4 dnia. Miesiącem, w którym najczęściej występuje mgła jest październik – średnio 5,8 dnia, kolejny jest luty – 5,6 dnia, natomiast najrzadziej notowana jest ona w lipcu – 0,4 dnia. W październiku, grudniu, lutym i kwietniu notowano mgłę rokrocznie, zaś w marcu i listopadzie nie wystąpiła ona tylko w jednym roku. W lipcu notowano ją tylko w 7 latach, przy czym w jednym z nich aż trzykrotnie, natomiast w drugim w kolejności miesiącu – sierpniu – już w 14 latach, z czego w dwóch czterokrotnie.

Na półrocze chłodne (X-II) przypada 73,2% dni z mgłą, zaś na półrocze ciepłe (IV-IX) – 25,8 dni z mgłą. Stosunek liczby dni z mgłą do liczby dni miesiąca wynosi od 1,4% w lipcu do 18,6% w październiku, zaś średnia dla wszystkich miesięcy – 11,0% (tab. 2).

Wiatry towarzyszyły mgle w 92,9% przypadków, z czego 51,4% było wiatrami wiejącymi od strony lądu, a 41,5% od strony morza. Cisza towarzyszyła mgle w 7,1% przypadków (tab. 8).

W ciepłej porze roku przeważają dość wyraźnie wiatry od morza – 57,5%, wobec 36,2% od lądu, natomiast w chłodnej porze odwrotnie – przewagę, czyli 66,5%, od lądu, wobec 25,6% od morza. Ilość cisz w obydwu tych okresach jest zbliżona, wynosząc w ciepłej porze 6,3%, a w chłodnej 7,9%.

Jeśli chodzi o poszczególne miesiące, to zróżnicowanie w nich częstości wiatrów: od morza od 72,5% w maju, 70,3% w kwietniu i 68,3% w czerwcu, które to miesiące wyraźnie odbiegają in plus od pozostałych, do 12,1% w listopadzie i 14,2% w grudniu. Te dwa miesiące, czyli listopad i grudzień, zajmują czołowe miejsca pod względem częstości wiatrów od lądu – odpowiednio: 82,6% i 81,3%, wyprzedzając miesiąc następny o prawie 20%. Na ostatnich miejscach znajdują się natomiast miesiące wyróżnione wcześniej ze względu na największą część wiatrów od morza, tzn. maj – 20,6% i czerwiec – 23,5%. Cisz najwięcej notuje się w marcu – 12,3%, a najmniej w sierpniu – 2,6%.

Tabela 7. Miesięczne zestawienia liczby dni z mgłą w Dziwnowie.

Lata	Miesiące												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961	3	11	7	1		1			1	1	3	1	29
1962	1	1	3	6	2				1	8	6	6	34
1963		2	3	6					2	2	3	3	21
1964	4	1	2	3	1	1			1	1	2	2	18
1965	2	1	3	2			3	1	2	7	2	3	26
1966	2	7	6	8	1	1		1		12	10	2	50
1967	8	5	1	3	1	1		1	2	3	7	12	44
1968	7	5	3	2				4	6	1	3	7	38
1969	6	3		5	3	2	2	3		13	4	5	46
1970	4	2	6	6	3	1		1	2	2	6	1	34
1971	7	9	9	5	2	1	1	1	3	4	5	4	51
1972	2	7	3	3	2	4	2		3	5	1	5	37
1973	9	2	3	2	1	1			2	1		4	25
1974	3	5	2	2		2		4	5	4	6	5	38
1975	3	9	7	5	2	1			2	10	8	6	53
1976	2	9	5	7		1			3	11	8	4	50
1977	8	8	10	3	2	3		3	3	11	1	7	59
1978	6	3	2	2	1	1		2	2	2	4	4	29
1979	3	7	2	3	1	2	1		2	7	5	5	38
1980	2	10	5	3		2		1	3	8	6	4	44
1981	5	3	8	6		2		1	2	6	1	2	36
1982	7	7	8	4	5	2		3	3	7	6	6	58
1983	7	8	9	8	2		1		3	7	7	4	56
1984	2	9	8	5	3	3			3	8	4	6	51
1985	6	4	3	2		2	1	2	5	3	2	5	35
Suma	109	138	118	102	32	34	11	28	61	144	110	113	1000
Średnia	4,4	5,5	4,7	4,1	1,3	1,4	0,4	1,1	2,4	5,8	4,4	4,5	40,0

W latach 1961–1985 w okresach: IV–IX = 268 dni z mgłą (26,8%); X–III = 732 dni z mgłą (73.2%); I–XII = 1000 dni z mgłą (100%)

Tabela 8. Częstotliwość (%) występowania podczas mgły w Dziwnowie: A –wiatrów od morza, B – wiatrów od lądu, C – cisz

Miesiące	A	B	C
I	30,5	63,7	5,8
II	29,6	63,3	7,1
III	42,6	45,1	12,3
IV	70,3	24,3	5,4
V	72,5	20,6	6,9
VI	68,3	23,5	8,2
VII	53,8	42,5	3,7
VIII	47,1	50,3	2,6
IX	33,0	56,2	10,8
X	24,4	63,2	12,4
XI	12,1	82,6	5,3
XII	14,2	81,3	4,5
IV - IX	57,5	36,2	6,3
X - III	25,6	66,5	7,9
I - XII	41,5	51,4	7,1

Tabela 9. Średnia prędkość wiatru (m/s) podczas mgły w Dziwnowie: A – wiatry od morza, B – wiatry od lądu, C – wartości średnie

Miesiące	A	B	C
I	3,8	2,4	2,6
II	4,4	2,9	3,6
III	4,7	3,0	4,0
IV	3,4	5,6	4,1
V	3,3	2,5	3,2
VI	3,9	1,3	3,1
VII	4,0	5,5	5,0
VIII	1,2	2,6	1,8
IX	3,0	3,1	3,1
X	4,1	3,0	3,3
XI	6,5	2,8	3,9
XII	5,3	2,9	3,4
IV - IX	3,1	3,4	3,4
X - III	4,8	2,8	3,5
I - XII	4,0	3,1	3,4

Prędkość wiatru towarzyszącego mgle wynosi średnio w roku 3,4 m/s, nie wykazując większych różnic w ciepłej i chłodnej porze roku (tab. 9). Różnice natomiast pojawiają się przy rozpatry-

Tabela 10. Częstotliwość (%) występowania rodzajów chmur podczas mgły w Dziwnowie

Miesiące	Rodzaje chmur										Suma
	Cirrus	Cirro-cumulus	Cirrostratus	Altocumulus	Altostratus	Nimbo-stratus	Strato-cumulus	Stratus	Cumulus	Niebo niewidoczne	
I	0,2	0	0	0,1	1,1	0,8	1,0	5,8	0	1,0	10,0
II	0,3	0	0	0,1	0,8	0,8	0,8	8,0	0	1,0	11,8
III	0,4	0,1	0	0,8	0,3	0,6	1,0	7,4	0,1	0,3	11,0
IV	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,8	7,0	0,6	0,6	10,2
V	0,5	0	0	0,2	0,1	0,2	0,2	3,0	0,2	0,2	4,6
VI	0,1	0	0	0,1	0,1	0	1,0	1,0	0,2	0,3	2,8
VII	0	0	0	0	0	0	0	1,0	0,1	0,1	1,2
VIII	0,1	0	0	0,2	0,1	0	0,1	1,0	0,4	0,5	2,4
IX	0,1	0	0	0,4	0,2	0	0,6	2,0	0,3	0,4	4,0
X	1,2	0	0	1,0	0,6	0,2	1,2	8,2	0,4	2,0	14,8
XI	0,4	0	0	0,6	0,6	0,8	1,8	8,8	0,3	1,1	14,4
XII	0,3	0	0	0,2	1,0	0,6	1,6	8,4	0,1	0,6	12,8
IV - IX	1,0	0,1	0,1	1,1	0,8	0,5	2,7	15,0	1,8	2,1	25,2
X - III	2,8	0,1	0	2,8	4,4	3,8	7,4	46,6	0,9	6,0	74,8
I - XII	3,8	0,2	0,1	3,9	5,2	4,3	10.1	61,6	2,7	8,1	100,0

waniu, czy są to wiatry od morza, czy od lądu. W przypadku wiatrów od morza średnia roczna ich prędkość wynosi 4,0 m/s: w ciepłej porze roku – 3,1 m/s, a w chłodnej – 4,8 m/s; zaś w drugim – wiatrów od lądu wartości te mają się odpowiednio: średnia roczna – 3,1 m/s, w porze ciepłej – 3,4 m/s, w chłodnej –2,8 m/s. Z analizy wiatrów od morza wynika, że największą prędkość mają one w listopadzie – 6,5 m/s, a następnie w grudniu – 5,3 m/s, najmniejszą zaś w sierpniu – tylko 1,2 m/s. Następnym w kolejności miesiącem jest wrzesień – 3,0 m/s.

Prędkość wiatru od lądu jest największa w kwietniu – 5,6 m/s, w lipcu – 5,5 m/s, które wyraźnie wyprzedzają inne miesiące. Na ostatnim miejscu jest czerwiec –1,3 m/s, pozostający wyraźnie z tyłu.

Pod względem częstości występowania chmur podczas mgły, okres roku dzieli się na dwa odbiegające od siebie zasadniczo okresy (tab. 10). Pierwszy – w którym chmury bardzo często towarzyszą mgłom, trwa od października do kwietnia, drugi – o małej częstości – od maja do września. W pierwszym z nich częstość ta wynosi 12,8% w październiku do 9,0% w styczniu, a w drugim – od 1,1% w czerwcu do 4,4% w maju.

Rodzajem chmur, które najczęściej towarzyszyły mgłom to, chmury stratus, w 61,6% przypadków w roku, z czego na ciepłą porę roku przypada 15,0%, a na chłodną – 46,6%.

Na drugim miejscu znajdują się chmury stratocumulus – 10,1%, z których prawie 3/4 występuje w chłodnej porze.

W dniach z mgłą wilgotność względna powietrza wynosi średnio w roku 84%, spadając do 80% w porze ciepłej i wzrastając do 87% w chłodnej porze roku. W przebiegu rocznym wzrasta ona wyraźnie od listopada do marca. Te cztery miesiące bardzo wyraźnie różnią się od pozostałych, przewyższając je w krańcowych przypadkach od 4 do 12% (tab. 6).

KOŁOBRZEG

W Kołobrzegu w okresie 25-lecia odnotowano 918 dni z mgłą. Średnia roczna wynosi więc 36,7, zaś wartości ekstremalne tego wielolecia – 26 dni w 1961 roku i 47 dni w 1969 roku (tab. 11). Okres nasilonej częstości występowania mgieł trwa od października do kwietnia, a średnia miesięczna wynosi w tym okresie od 3,3 dnia w październiku do 5,2 w marcu. W pozostałej części roku wynosi ona od 0,9 w lipcu do 2,0 w maju. Miesiącem o największej liczbie dni z mgłą jest marzec – średnio 5,2, a na drugim miejscu jest luty – 4,7, zaś o najmniejszej liczbie mgieł to lipiec – 0,9 i sierpień – 1,0. Rokrocznie notowano mgłę w lutym, marcu, kwietniu i grudniu, natomiast w styczniu, maju i listopadzie nie wystąpiła ona tylko w jednym roku. Najrzadziej notowano ją w lipcu – w 13 latach, przy czym w jednym roku w tym miesiącu wystąpiła ona 4-krotnie.

Spośród wszystkich przypadków mgły na półrocze ciepłe przypada 29,8%, a na półrocze chłodne – 70,2% dni z tym zjawiskiem. Procent dni z mgłą do wszystkich dni miesiąca waha się od 2,8 w lipcu do 16,8 w marcu, przy średniej miesięcznej 10,2.

Wiatry towarzyszyły mgle w 93,9% przypadków, z czego na odlądowe przypada 52,4%, a na dolądowe – 41,5% (tab. 12). Wyraźna przewaga wiatrów od morza towarzyszących mgle występuje w ciepłej porze roku – w 55,6%, przy 37,7% wiatrów od lądu. Odwrotnie jest w chłodnej porze: tu przewagę – 67,1%, mają wiatry od strony lądu, wobec 27,4% od morza. Ilość cisz jest w obydwu tych okresach zbliżona i wy-

Tabela 11. Miesięczne zestawienia liczby dni z mgłą w Kołobrzegu

Lata	Miesiące												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961	2	8	6	3	1				1		4	1	26
1962		2	3	5	4		1		1	7	4	7	34
1963	5	2	4	10	1	3		1		3	3	5	37
1964	5	3	2	8	2	1		2		2	6	2	33
1965	1	3	5	2	1		4	1	1	5	3	1	27
1966	2	5	4	4	1	1		1	1	3	6	2	30
1967	3	5	8	6	2	2		1			9	5	41
1968	3	7	4	2	2	2	2	1	3	3	2	3	34
1969	10	2	5	2	3	1		2	6	7	2	7	47
1970	1	6	7	6	2	3	1	1	1	2	4	1	35
1971	6	8	7	1	1		2	1	1	3	2	3	35
1972	4	3	4	3	1	3	2	1	4	6	3	6	40
1973	3	5	6	5	2	2		1		2	2	4	32
1974	7	6	4	1	1		3	1		5	4	4	36
1975	6	3	2	9	3	1		1		3	5	5	38
1976	1	4	5	10	2					1	9	5	37
1977	7	2	8	3	2	3		3		8	1	7	44
1978	3	5	8	6			1	1	3	6	7	3	43
1979	2	11	4	4	3		1		1	1	3	3	33
1980	2	4	3	3	3	6	2	1	2	2		4	32
1981	10	2	6	1	1		1	1	6	3	2	4	37
1982	9	12	3	1	2	2	1	1	2	3	3	6	45
1983	4	6	6	5	4			1			11	5	42
1984		1	3	11	2	1		1		4	11	6	40
1985	6	2	13	2	3	1	1		1	4	3	4	40
Suma	102	117	130	113	49	32	22	24	34	83	109	103	918
Średnia	4,1	4,7	5,2	4,5	2,0	1,3	0,9	1,0	1,4	3,3	4,4	4,1	36,7

W latach 1961–1985 w okresach: IV–IX = 274 dni z mgłą (29,8%); X–III = 644 dni z mgłą (70,2%); I–XII = 918 dni z mgłą (100%)

nosi 6,7% w ciepłej i 5,5% w chłodnej porze roku. Najczęściej wiatry od morza w czasie mgły notowano w maju – 70,8% przypadków, i w czerwcu – 68,3% przypadków. Te dwa miesiące, a częściowo także kwiecień (59,4%) wyraźnie wyprzedzają pozostałe miesiące, spośród których na

Tabela 12. Częstotliwość (%) występowania podczas mgły w Kołobrzegu: A – wiatrów od morza, B – wiatrów od lądu, C – cisz

Miesiące	A	B	C
I	29,5	63,2	7,3
II	30,3	62,8	6,9
III	46,8	50,7	2,5
IV	59,4	38,2	2,4
V	70,8	24,9	4,3
VI	68,3	25,8	5,9
VII	52,4	38,5	9,1
VIII	48,4	42,7	8,9
IX	34,5	55,8	9,7
X	26,3	61,5	12,2
XI	15,2	81,6	3,2
XII	16,3	82,5	1,2
IV - IX	55,6	37,7	6,7
X - III	27,4	67,1	5,5
I - XII	41,5	52,4	6,1

Tabela 13. Średnia prędkość wiatru (m/s) podczas mgły w Kołobrzegu: A – wiatry od morza, B – wiatry od lądu, C – wartości średnie

Miesiące	A	B	C
I	3,7	3,9	3,8
II	2,6	2,4	2,5
III	3,9	2,2	3,0
IV	2,4	2,2	2,3
V	3,5	2,7	3,1
VI	2,8	1,0	2,0
VII	3,2	2,0	2,6
VIII	3,1	2,3	2,8
IX	3,0	3,1	3,0
X	2,2	2,0	2,1
XI	2,1	2,4	2,3
XII	2,6	2,4	2,5
IV - IX	3,0	2,2	2,6
X - III	2,9	2,6	2,7
I - XII	2,9	2,4	2,6

Tabela 14. Częstotliwość (%) występowania rodzajów chmur podczas mgły w Kołobrzegu

Misiące	Rodzaje chmur										Suma
	Cirrus	Cirro-cumulus	Cirrostratus	Altocumulus	Altostratus	Nimbo-stratus	Strato-cumulus	Stratus	Cumulus	Niebo niewidoczne	
I	0,4	0	0	0,3	0,4	0,8	1,8	7,3	0	0,8	11,8
II	0,4	0	0	0,4	0,7	0,6	1,4	8,4	0,1	1,2	13,2
III	0,6	0,1	0	0,8	0,6	0,6	1,3	8,6	0	1,8	14,4
IV	0,1	0	0	0,4	0,6	0,4	1,2	7,2	0,8	1,0	11,4
V	0,3	0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	2,4	0,4	0,4	4,2
VI	0,2	0	0	0,2	0,1	0	1,0	1,4	0,2	0,3	3,4
VII	0	0	0	0,1	0	0	0,1	1,2	0,3	0,1	1,8
VIII	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1	1,8	0,1	0,8	3,0
IX	0,2	0	0	0,2	0	0,1	0,3	2,0	0,2	0,6	3,6
X	0,4	0	0	0,4	0,6	0,8	1,2	6,2	0,2	0,4	10,2
XI	0,1	0	0	0,3	0,8	0,6	1,6	7,1	0	1,1	11,6
XII	0,3	0	0	0,4	0,6	0,4	1,4	7,0	0	1,0	11,1
IV - IX	0,9	0	0,1	1,2	0,8	0,6	2,9	16,0	2,0	3,2	27,7
X - III	2,2	0,1	0	2,6	3,7	3,8	8,7	44,6	0,3	6,3	72,3
I - XII	3,1	0,1	0,1	3,8	4,5	4,4	11,6	60,6	2,3	9,5	100,0

ostatnich miejscach są listopad – 15,2%, i grudzień – 16,3% (o zdecydowanie najmniejszych wartościach).

Wiatry od lądu podczas mgły występują najczęściej w grudniu – 82,5%, i listopadzie – 81,6%, a najrzadziej w maju – 24,9%, i czerwcu – 25,8%. Miesiącem o największej częstości braku wiatru podczas mgły jest październik – 12,2%, natomiast o najmniejszej grudzień – 1,2%.

Prędkość wiatru towarzyszącego mgle wynosi w skali roku średnio 2,6 m/s (tab. 13). Tę samą wartość ma ona w ciepłej porze roku; w chłodnej natomiast jest o 1 m/s większa. Prędkość wiatrów od strony morza wynosi średnio 2,9 m/s, a od lądu 2,4 m/s. Pomiędzy prędkością wiatrów wiejących od strony morza w okresie letnim i zimowym różnica jest bardzo mała – 0,1 m/s, a prędkości te wynoszą odpowiednio: 3,0 m/s i 2,9 m/s. W przypadku wiatrów od lądu jest ona znaczniejsza – 0,4 m/s, a prędkości wynoszą odpowiednio: 2,2 m/s i 2,6 m/s.

Największą prędkość od strony morza wiatry osiągają w marcu – 3,9 m/s, i styczniu – 3,7 m/s, które to miesiące dość wyraźnie wyprzedzają inne. Najsłabsze są one w listopadzie – 2,1 m/s oraz grudniu – 2,6 m/s, i w lutym także 2,6 m/s. Wiatry od lądu mają największą przeciętną prędkość w styczniu – 3,9 m/s, miesiącu znacznie wyprzedzającym drugi w kolejności, wrzesień –3,1 m/s, zaś najmniejszą w czerwcu – 1,0 m/s, pozostającym znacznie z tyłu za innymi.

W ponad 90% przypadków mgłom towarzyszyły chmury; w 9,5% niebo było niewidoczne (tab. 14). Zdecydowana większość, bo prawie 77% tych zjawisk przypada na okres roku od października do kwietnia. Zazwyczaj (60,6%) są to chmury z rodzaju stratus oraz – znacznie rzadziej – chmury stratocumulus (11,6%). Przewaga tych dwóch rodzajów chmur nad pozostałymi utrzymuje się przez cały rok.

Wilgotność względna powietrza podczas mgły sięga średnio 82%. W ciepłej prze roku jest ona trochę niższa –78%, a w chłodnej wyższa – 86%. Wyraźny jej przyrost następuje w październiku i listopadzie, a obniżenie w marcu i kwietniu. Najwyższa wilgotność – 88%, jest od listopada do stycznia, najniższa w lipcu – 84% (tab. 6).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wyniki otrzymane w opracowaniu świadczą, iż – generalnie biorąc – na całym 100-kilometrowym odcinku wybrzeża istnieją zbliżone warunki mgłowe. Zarówno w Świnoujściu, jak i Kołobrzegu, a więc miejscowościach położonych na krańcach tego odcinka, jak i w Dziwnowie, leżącym pomiędzy nimi, okres roku dzieli się na dwie wyraźne części, różniące się częstością występowania mgieł. Pierwszy okres – o dużej częstości, trwa od października do kwietnia, a drugi – o małej częstości, od maja do września. Ilościowe różnice w ramach tych samych okresów są wszędzie zbliżone. To, że w Świnoujściu i Dziwnowie miesiącem o największej

liczbie mgieł jest październik, a w Kołobrzegu marzec, nie ma istotnego znaczenia wobec bardzo małych różnic pomiędzy tymi miesiącami. Zgodność natomiast istnieje co do miesiąca o najmniejszej liczbie mgieł w roku – jest nim lipiec, miesiąc wyraźnie pozostający z tyłu za innymi. Wszędzie także w miesiącach od października do kwietnia mgły występują rokrocznie, przy czym liczba dni z tym zjawiskiem może być mała – 1 do 2 dni w miesiącu, jak i dochodzić może do 8-10. W miesiącach od maja do września mgła może nie pojawić się w ogóle, jak i wystąpić 3-4- krotnie.

Duże podobieństwo istnieje także pod względem kierunków i prędkości wiatru towarzyszącego mgle. W skali roku nieznaczną przewagę (ok. 10%) mają wiatry wiejące od strony lądu w kierunku morza (kierunki E, SE, S i SW). Bezwietrznie jest w około 8% mgieł. Dzieląc – zgodnie z przyjętą w meteorologii zasadą – okres roku na półrocze ciepłe (IV-IX) i półrocze chłodne (X-III), należy stwierdzić, że w pierwszym z nich dość wyraźnie przeważają wiatry wiejące od strony morza, a w drugim – od strony lądu. Średnia roczna prędkość wiatru podczas mgły jest identyczna w Świnoujściu i Kołobrzegu – 2,6 m/s, wyższa zaś w Dziwnowie – 3,4 m/s. Na całym odcinku wybrzeża prędkość wiatru wiejącego od strony morza jest o kilka dziesiątych metra na sekundę większa niż wiatrów odlądowych. Przewaga prędkości wiatru od morza nad wiatrami odlądowymi w Świnoujściu i Kołobrzegu istnieje zarówno w ciepłej, jak i chłodnej porze roku, natomiast w Dziwnowie tylko w chłodnej.

Najczęściej mgłom towarzyszą chmury rodzaju stratus. Są to chmury piętra niskiego o charakterze warstwowym. Dominują one zdecydowanie nad pozostałymi, występując w ponad 60% przypadków mgieł. Proporcja taka utrzymywana jest tak w ciepłej, jak i chłodnej porze roku. Drugie w kolejności, chmury stratocumulus, notowano w nieco ponad 10% przypadków mgieł. Niebo niewidoczne było w nieznacznie poniżej 10% mgieł.

Wilgotność powietrza w dniach z mgłą oscyluje od około 75% w ciepłej do prawie 90% w chłodnej porze roku.

Ustosunkowując się do tych wyników należy stwierdzić, iż to, że na całym odcinku wybrzeża istnieją zbliżone warunki mgłowe, ma swoje uzasadnienie w zbliżonych warunkach klimatycznych całego tego odcinka. Wszystkie trzy miejscowości znajdują się w pasie przybrzeżnym, a stacje meteorologiczne, które w nich się znajdują, usytuowane są tuż przy brzegu. W wielu wydawnictwach cały ten pas przybrzeżny zaliczany jest do jednej strefy klimatycznej (region – Pobrzeże Szczecińskie, podregiony – Wyspa Uznam i Wolin oraz wybrzeże Trzebiatowskie – *Narodowy Atlas Polski*) [19].

Podział roku na dwa okresy, wyraźnie różniące się częstością występowania mgieł, wynika ze znacznych różnic wilgotności powietrza w tych okresach. W ciepłej porze roku wilgotność względna powietrza jest na tyle mała (40-70%), że obniżenie się temperatury o kilka nawet stopni nie powoduje jeszcze skraplania się pary wodnej w powietrzu. W chłodnej porze wilgotność ta sięga 80-90% i więcej, i często nawet niewielkie

ochłodzenie wywołuje już ten proces. Oprócz tego w chłodnej porze roku liczba napływających niżów barycznych, niosących z sobą ciepłe powietrze, jest wyższa niż w porze letniej. Powietrze to ochładza się po zetknięciu z wychłodzonym podłożem i w nim także następują procesy skraplania się pary wodnej.

Słaby wiatr o prędkości około 2-3 m/s podczas trwania mgieł, o kierunku do lub odlądowym, świadczy o tym, że w zdecydowanej większości przypadków są to mgły adwekcyjne (napływowe). Mgły te powstają w wyniku napływu powietrza nad odpowiednio chłodniejsze od niego podłoże, a w przypadku stref przybrzeżnych – w wyniku napływu powietrza znad cieplejszej wody nad chłodniejszy ląd, lub na odwrót. Za tego rodzaju mgłą przemawia także stwierdzona obecność chmur w rodzaju stratus (warstwowe). Tego typu mgły stanowią ponadto zdecydowaną większość mgieł występujących w strefach granicznych lądów i mórz [6, 7, 8, 13, 14]. Zajmują one zwykle duże obszary, a w strefach przybrzeżnych długie odcinki wybrzeża.

Potwierdzeniem tego, że w analizowanej strefie wybrzeża przeważają mgły typu napływowego, są wyniki, jakie uzyskała Weber [17]. Spośród czterech rodzajów mgieł na torze wodnym Szczecin – Świnoujście wyodrębniła ona w skali roku ponad 60% mgieł adwekcyjnych – po kilkanaście procent mgieł radiacyjnych i adwekcyjno-radiacyjnych oraz kilka procent mgieł frontowych. Proporcje zmieniały się w ten sposób, że w miarę zbliżania się do morza zwiększała się ilość mgieł adwekcyjnych (od 45 do 67%), a malała radiacyjnych (z 36 na 11%). Na zbliżonym poziomie utrzymywały się obydwa pozostałe rodzaje mgieł. Okresem o kilkanaście procent większej częstości występowania mgieł adwekcyjnych kosztem pozostałych jest chłodna pora roku. W ciepłej porze mgła ta, w/g autorki, stanowi około połowy wszystkich rodzajów mgieł. W zdecydowanej większości przypadków mgłom adwekcyjnym i adwekcyjno-radiacyjnym towarzyszyły chmury stratus, a wilgotność powietrza przekraczała 80%.

Na koniec należy dodać, że przedstawiony artykuł stanowi pierwszy etap zamierzenia, jakim jest opracowanie warunków mgłowych wzdłuż polskiego wybrzeża Bałtyku. Opracowanie to – jako całość – ma mieć charakter użytkowy i w związku z tym w artykule nie przeprowadzono szczegółowej analizy rodzajów występujących mgieł (gdyż nie ma to tak dużego znaczenia praktycznego, a ponadto używane przez wielu autorów kryteria mocno się od siebie różnią), ograniczając się jedynie do czasowego podania przekroju występowania mgieł w skali roku oraz do określenia, jakiego rodzaju są one w większości.

STEFAN TRZECIAK

FOGS AND PHENOMENA ACCOMPANYING THEM IN THE WESTERN PART OF THE POLISH BALTIC COAST

Summary

The writer has elaborated the fog occurance frequency between Świnoujście and Kołobrzeg and determined directions and speeds of winds accompanying fogs, kinds of clouds and air humidity. The research has been based on 25-year records of the weather stations in Świnoujście and Kołobrzeg, and a weather post in Dziwnów. It was found that at the whole examined strech of land there is a great similarity in respect of fog frequency and the characteristics of the phenomena accompanying them. It proves that the big majority of fogs emerging in the coastal Baltic zone are incoming fogs.

СТЭФАН ТШЭТЯК

ТУМАНЫ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ИМ ЯВЛЕНИЯ В ЗАПАДНЕМ РАЙОНЕ ПОЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Резюме

На основании 25-летних наблюдительных материалов с метеорологической станции в г. Свиноуйсте и г. Колобжег а также метеорологического поста в г. Дзивнув разработано частоту появления туманов в районе от г. Свиноуйсте дог. Колобжег. Определено также сопутствующие им направления и скорость ветров, тип тучей и влажность воздуха. Установлено, что на всём анализированном участке побережья существует аналогия между частотой выступания туманов и характером сопутствующих им явлений. Всё это подтверждает, что большинство туманов выступающих в береговой зоне Балтика это адвективные туманы.

PIŚMIENNICTWO

1. Chromow S. P.: *Meteorologia i klimatologia*, PWN, Warszawa 1973. – 2. Gładysz D.: *Meteorologia dla żeglugi morskiej*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1957. – 3. Gumiński R.: *Brzeg roczny występowania mgły w centralnej i wschodniej Polsce*, Wiad.Służby Hydr.Met., 1952, 3, 2, s. 103-109. – 4. Helwet-Juśkiewicz A.: *Aerosynoptyczne charakterystyki mgły w polskiej strefie brzegowej Bałtyku*, Materiały PIHM, 1968, nr 353. – 5. Helwet-Juśkiewicz A.: *Ciekawy przypadek długotrwałej mgły zalegającej nad Bałtykiem*, Gaz.Obs.PIHM, 1968, nr 6, s. 8-12. – 6. Holec M.: *Uwagi o metodyce opracowania zjawiska mgły na obszarach portowych, Streszczenia referatów jawnych na III Sesji Naukowej WSMW*, Gdynia 1966, s. 17-24. – 7. Holec M., Tymański P.: *Podstawy meteorologii i nawigacji meteorologicznej*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1983. – 8. Kwiecień K.: *Warunki klimatologiczne południowego Bałtyku w okresie 1951-1960*, Oddział Morski PIHM, Gdynia 1968. – 9. Łomniewski K. [i in.]: *Morze Bałtyckie*, PWN, Warszawa 1975. – 10. Parczewski W.: *O podziale roku w Polsce na porę chłodną i ciepłą*, Przegl.Geofiz., 1962, t.7/15, z.3, s. 169-173. –

11. Parczewski W.: *Fronty atmosferyczne nad Polską*, Wiad.Służby Hydr.Met., 1964, nr 59, s. 20-35. – 12. Piwkowski H.: *Synoptyczne warunki występowania mgieł w Polsce,* Praca

doktorska, Politechnika Warszawska, Wydz.Inż.Sanit. i Wodnej, Inst.Inż.Środowiska, Warszawa 1974. – 13. Prawdzic K., Sucheta J.: *Prawdopodobieństwo występowania mgieł w polskich portach Bałtyku w okresie 1950-1969*, Szczecińskie Tow. Nauk., Wydz. Nauk Przyr.-Roln., t.12, z. 1, Warszawa-Poznań 1975. – 14. Prawdzic K. [i in.]: *Warunki klimatyczne portu w Darłowie z uwzględnieniem przybrzeżnej strefy Bałtyku*, Szczecińskie Tow. Nauk., Wydz.Nauk Morskich, t.1, z.1, Warszawa-Poznań 1979. – 15. Radomski C.: *Rosa i mgła w terenie pagórkowatym*, Zesz.Naukowe WSR Olsztyn, 1964, z.17, s. 54-61. – 16. Strauch E.: *Warunki meteorologiczne rozpraszania mgły w Polsce*, Prace PIHM, 1967, 92, s. 17-23. – 17. Weber M.: *Rozkład czasowo-przestrzenny i prawdopodobieństwo występowania mgieł w obrębie toru wodnego Szczecin-Świnoujście*, Praca doktorska, Akademia Rolnicza w Szczecinie, Wydział Rybactwa Morskiego i Technologii Żywności, Inst. Oceanografii Rybackiej i Ochrony Morza, Szczecin 1979. – 18. Weber M., Girjatowicz J.: *Występowanie zjawisk meteorologicznych niekorzystnych dla pracy w porcie szczecińskim w okresie 1951-1970*, Szczecińskie Tow. Nauk., Wydz.Nauk Morskich, t.1, z.1, Warszawa-Poznań 1979. – 19. *Narodowy atlas Polski*, PAN, 1973-1978.

Praca przyjęta przez redakcję 20 VI 1991.

SZCZECIŃSKIE ROCZNIKI NAUKOWE – ANNALES SCIENTIARUM STETINENSES
1992 t. VII, z. 1, s. 87 – 102

STEFAN TRZECIAK

CZYNNIKI HYDROMETEOROLOGICZNE UTRUDNIAJĄCE ŻEGLUGĘ I PRACE HYDROTECHNICZNE W ZATOCE POMORSKIEJ

Instytut Nawigacji Morskiej Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie
ul. Wały Chrobrego 1, 70-500 Szczecin

S t r e s z c z e n i e: Na podstawie 30-letnich materiałów obserwacyjnych ze stacji meteorologicznej w Świnoujściu opracowano kształtowanie się czynników hydrometeorologicznych na przestrzeni roku, wywierających negatywny wpływ na żeglugę i prace hydrotechniczne w Zatoce Pomorskiej. Uwzględniono mgły, wiatry sztormowe, opady, temperaturę, falowanie i zlodzenie. Wyniki opracowania pozwalają na określenie stopnia trudności żeglugi oraz prowadzenia określonej pracy hydrotechnicznej w tym rejonie w dowolnym okresie roku.

S ł o w a k l u c z o w e: Zatoka Pomorska – pogoda – żegluga – prace hydrotechniczne.

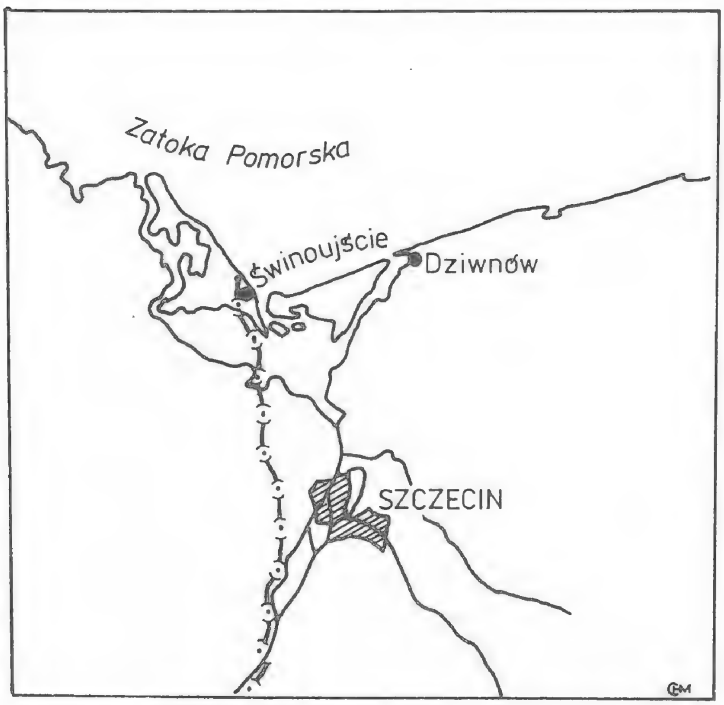
WSTĘP

Zatoka Pomorska znajduje się na pograniczu ścierania się klimatu kontynentalnego, a więc suchego i ostrego, oraz klimatu oceanicznego – łagodnego i wilgotnego. Wynikiem tego są – co podkreśla wielu autorów – bardzo częste i nagłe zmiany pogody, rzutujące na warunki żeglugi, jak i przebieg różnego rodzaju prac hydrotechnicznych prowadzonych na wolnym powietrzu. Do czynników, których wpływ na żeglugę jest największy, należą mgły, wiatry sztormowe, falowanie oraz zlodzenie, zaś jeśli chodzi o prace hydrotechniczne, to oprócz wymienionych także dni mroźne i opady atmosferyczne. W odniesieniu do żeglugi czynniki te utrudniają m.in. nawigację, zwiększają stopień niebezpieczeństwa statków płynących, jak i stojących na redzie, zwiększają zużycie paliwa, wydłużają czas podróży itd., zaś w odniesieniu do prac hydrotechnicznych – ograniczają możliwości prowadzenia takich czynności jak: konserwacja urządzeń nawigacyjnych, betonowanie nawodne i podwodne, roboty kafarowe, czerpalne, zasypowe, transport sprzętu i materiałów, a także spawanie, malowanie i inne. W takiej sytuacji nasuwa się pytanie, jak na przestrzeni roku kształtują się te czynniki, kiedy prawdopodobieństwo ich wystąpienia

jest większe, a kiedy mniejsze, jak więc kształtują się warunki żeglugi oraz na kiedy planować prowadzenie danej pracy hydrotechnicznej itp.

Na tego rodzaju pytania podjęto próbę znalezienia odpowiedzi w niniejszym artykule, przedstawiając w nim na podstawie wieloletnich obserwacji częstotliwość występowania mgieł, wiatrów sztormowych i opadów w 5-dniowych (pentadach) odcinkach czasowych na przestrzeni roku oraz dni mroźnych w odcinkach 10-dniowych (dekadach), a także charakterystyk falowania i zjawisk lodowych. Do tej pory zagadnienie kształtowania się czynników hydrometeorologicznych utrudniających żeglugę i prace hydrotechniczne nie było w Zatoce Pomorskiej przedmiotem szczegółowych badań. Prace tego typu odnosiły się tylko do toru wodnego Szczecin-Świnoujście (Flak [3], Prawdzic i Flak [12], Trzeciak [14], Weber [15]). Przez Zatokę Pomorską prowadzi tymczasem ruchliwy tor wodny, znajdują się tu redy, prowadzone są połowy, kursują statki pasażerskie, a także prowadzone są liczne prace związane z konserwacją tego toru oraz prace brzegowe.

Materiałem, na którym opiera się opracowanie, są codzienne dane obserwacyjne odnoszące się do stacji meteorologicznej w Świnoujściu, leżącej u nasady Zatoki. Zebrane one zostały w Archiwum Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie, a także w opublikowanych przez IMGW „Rocznikach Meteorologicznych". Dane te dotyczą w większości 30-lecia 1951-1980. Korzystano także z niektórych danych zawartych w pracach Prawdziwca i Flak [12], Flak [3], Girjatowicza [4, 5], Weber [15] i Majewskiego [8].



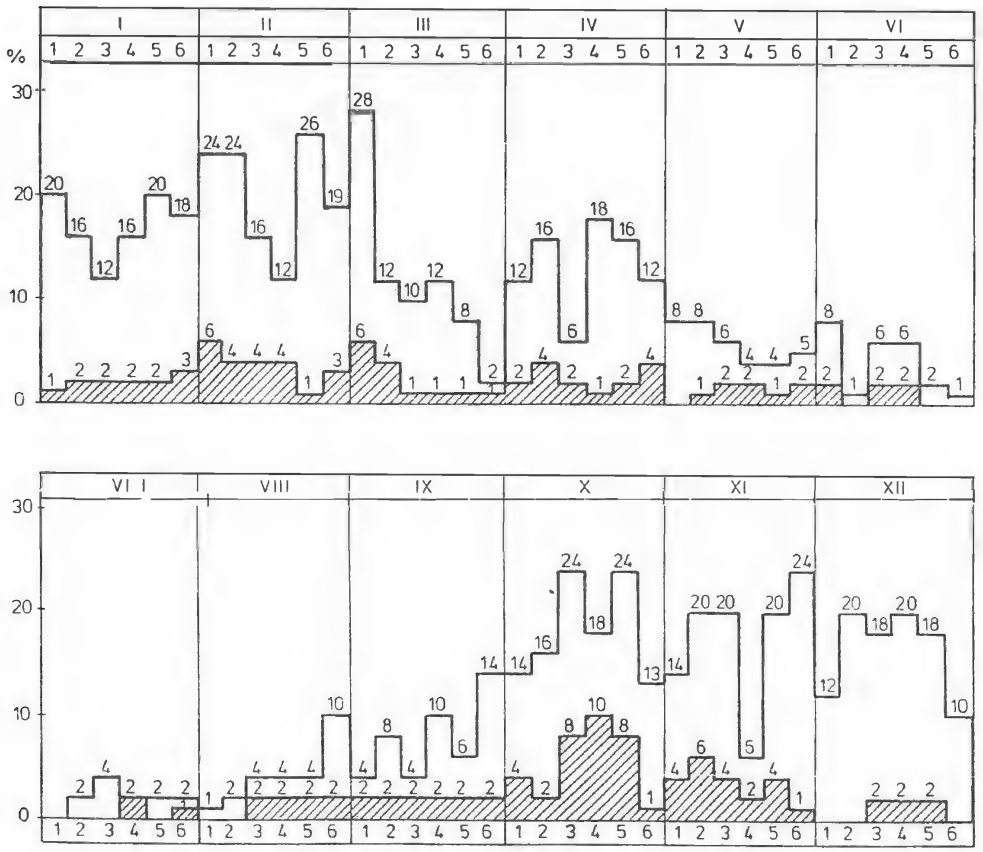
Ryc. 1. Mapka analizowanego akwenu Zatoki Pomorskiej

WYNIKI

Analizą w okresach pentadowych objęto:

- liczbę dni z mgłą (widzialność poniżej 1 km), z wyodrębnieniem liczby dni z mgłą gęstą (widzialność poniżej 200 m),
- liczbę dni z wiatrem silnym (powyżej 10 m/s), z wyodrębnieniem dni z wiatrem bardzo silnym (powyżej 15 m/s),
- liczbę dni z opadem atmosferycznym równym i większym od 1 mm/dobę, z wyodrębnieniem liczby dni z opadem równym i większym od 10 mm/dobę,
- liczbę dni z opadem śniegu,
- liczbę dni z opadem równym i większym od 1 mm/dobę, mieszczących się w obrębie ciągów dni dżdżystych trwających przez kolejne trzy lub więcej dni.

W okresach dekadowych analizie poddano liczby dni mroźnych (t_{max} równa bądź niższa od 0°C). W okresach miesięcznych zanalizowano falowanie i zjawiska lodowe.

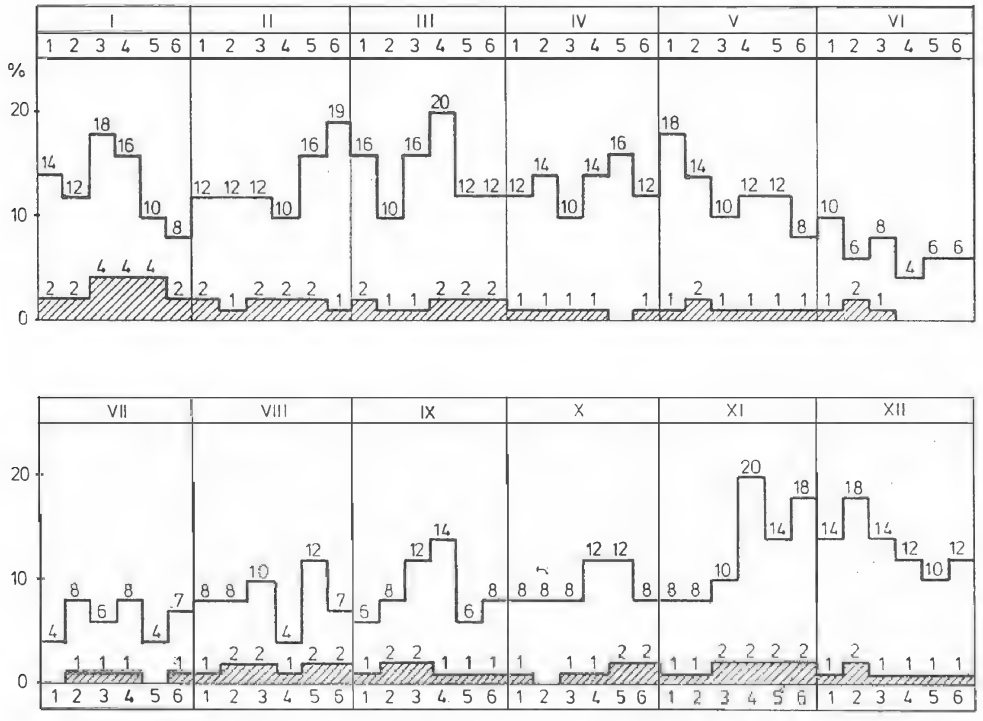


Ryc.2. Częstotliwość (%) dni z mgłą umiarkowaną (V = 1 km) i mgłą gęstą (V = 200 m – słupki dolne kreskowane), w/g pentad w Świnoujściu (1951-1980)

MGŁY

Rycina 2 charakteryzuje częstotliwości występowania mgieł umiarkowanych (V = 1 km) i mgieł gęstych (V = 200 m) na przestrzeni roku. Zdecydowanie więcej pierwszych niż drugich występuje w chłodnej porze roku, kiedy to wilgotność powietrza jest wysoka i nawet niewielkie, kilkustopniowe spadki temperatury powodują skraplanie się pary wodnej w powietrzu. Ich wyraźny przyrost następuje na przełomie września i października, spadek natomiast rozpoczyna się pomiędzy 5 a 10 marca. Okres ten, podobnie zresztą jak i pozostała część roku, charakteryzuje się dużą zmiennością nasilenia częstotliwości występowania mgieł z pentady na pentadę. Szczególnie październik (pentada 3 i 5 aż 24%), listopad (trzy pentady po 20%, a jedna 24%) oraz luty (dwie pentady po 24% i jedna 26%) cechuje największa częstotliwość mgieł. Do pentad o tak nasilonej częstotliwości należy zaliczyć także pierwszą pentadę marca – aż 28% dni z mgłą. Nieco mniejszą od wymienionych miesięcy częstotliwością dni z mgłą charakteryzuje się grudzień i styczeń.

Podobnie wygląda sytuacja z mgłami bardzo gęstymi. Tu także chłodna pora roku wyróżnia się pod tym względem, a w niej miesiące październik (pentady od trzeciej do piątej), listopad (druga i w mniejszym stopniu piąta pentada) i luty (pierwsza oraz druga do czwartej), oraz pierwsza



Ryc. 3. Częstotliwość(%) dni z wiatrem silnym (V = 10 m/s) i z wiatrem bardzo silnym (V = 15 m/s – słupki dolne kreskowane), w/g pentad w Świnoujściu (1951-1980)

pentada marca. Stosunkowo dużo jest tego typu mgieł także w kwietniu, a nawet w maju oraz sierpniu i wrześniu. (Uwaga: na rycinach pentady są opisane cyfrowo).

WIATRY SILNE I BARDZO SILNE

Rycina 3 przedstawia przebieg na przestrzeni roku liczby dni z wiatrem silnym (V = 10 m/s) i bardzo silnym (V = 15 m/s). Częstotliwość tych wiatrów wzrasta wyraźnie od 20 listopada, utrzymuje się na wysokim, aczkolwiek zmieniającym się poziomie przez okres zimowy i maleje dopiero od drugiej połowy maja. W tym okresie wyróżnia się szczególnie czwarta pentada listopada i czwarta pentada marca, kiedy to dni z wiatrem silnym stanowią aż 20%. Dużo jest ich także w szóstej dekadzie listopada, drugiej grudnia, trzeciej stycznia i pierwszej maja po 18%, oraz szóstej lutego – 19%.

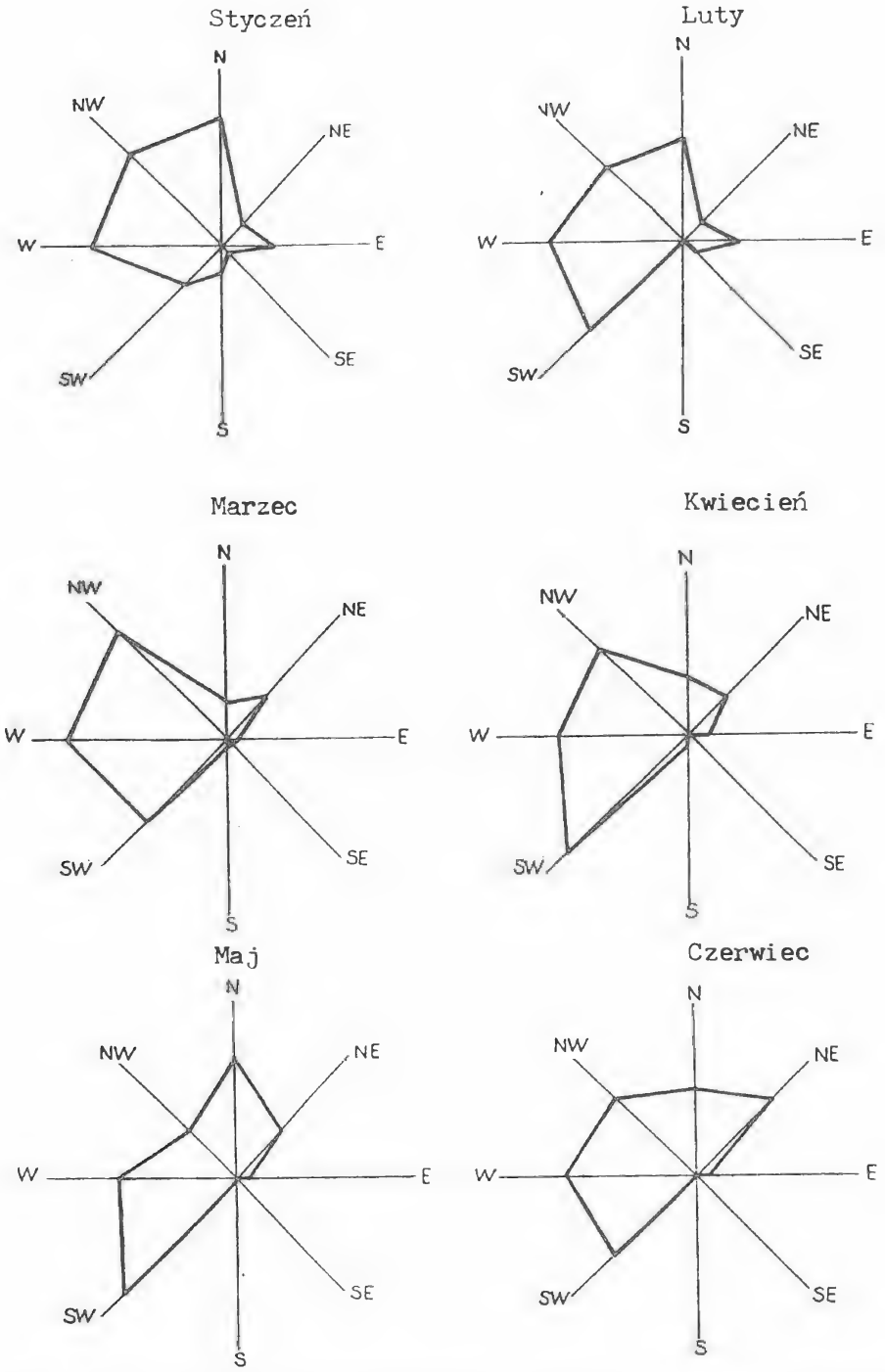
W przypadku wiatrów bardzo silnych sytuacja jest bardziej wyrównana, ale i tu przeważają miesiące zimowe, a szczególnie styczeń; w trzech kolejnych pentadach (od 3 do 5) częstotliwość dni z tym zjawiskiem wynosi po 4%.

Duże podobieństwa na przestrzeni całego roku istnieją natomiast pod względem kierunków, z których wiatry te wieją. Z rycin 4-5 wynika, że zdecydowanie przeważającymi kierunkami wiatrów o prędkości ≥ 10 m/s są w każdym miesiącu kierunki: zachodni, południowo-zachodni i północno-zachodni. W sumie w skali roku z kierunków tych wieje 2/3 wiatrów o tej prędkości.

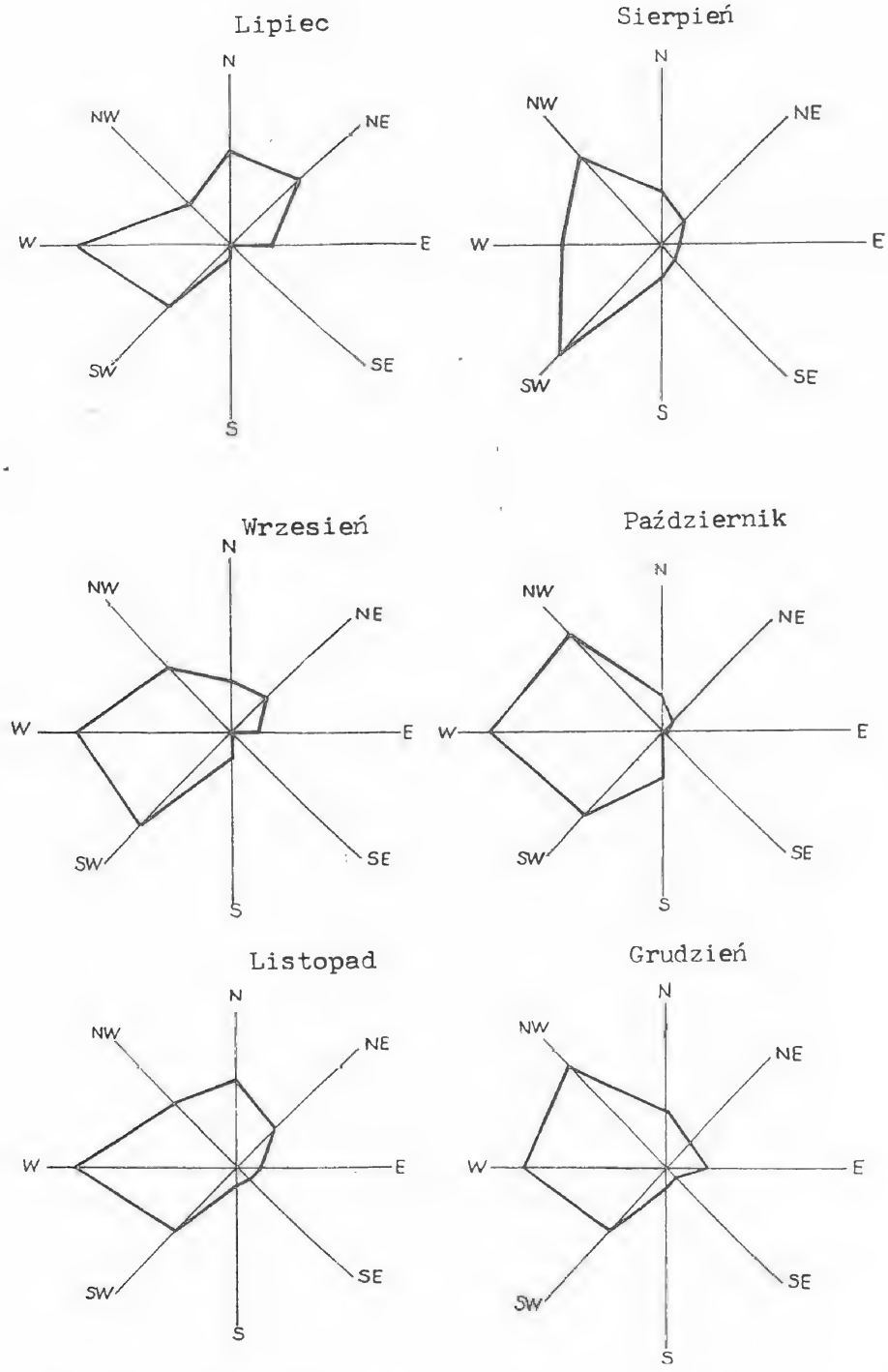
Te same kierunki w skali roku przeważają przy podniesieniu progu

Tabela 1. Liczba dni z wiatrem ≥ 15 m/s wg kierunków w poszczególnych miesiącach roku (1965–1985) w Świnoujściu

Miesiące	Kierunki wiatru							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I	3	2	3	-	-	2	4	6
II	2	1	-	-	-	2	1	1
III	1	1	-	-	1	2	2	3
IV	2	2	1	-	-	-	1	1
V	-	1	2	-	-	-	1	-
VI	1	-	-	-	-	2	1	2
VII	-	-	-	-	-	-	-	-
VIII	2	1	-	-	-	2	2	2
IX	1	-	-	-	-	2	2	2
X	1	1	-	-	1	2	3	3
XI	2	1	1	-	1	3	4	2
XII	1	1	1	1	1	2	3	2

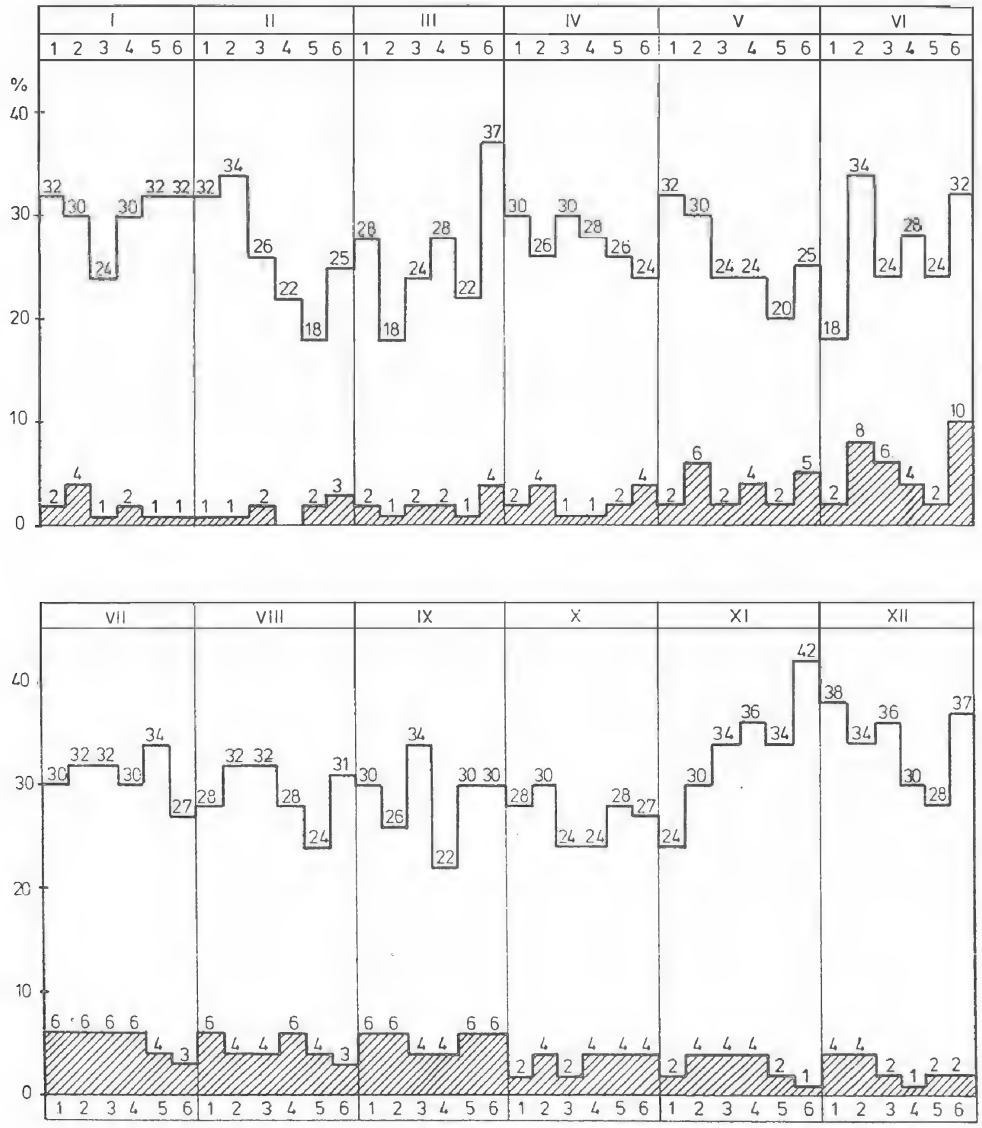


Ryc. 4. Częstotliwość (%) kierunków wiatru o prędkości 10 m/s w poszczególnych miesiącach roku w Świnoujściu (1956-1985) (1 mm = 1%)



Ryc.5. Częstotliwość (%) kierunków wiatru o prędkości 10 m/s w poszczególnych miesiącach roku w Świnoujściu (1956-1985) (1 mm = 1%)

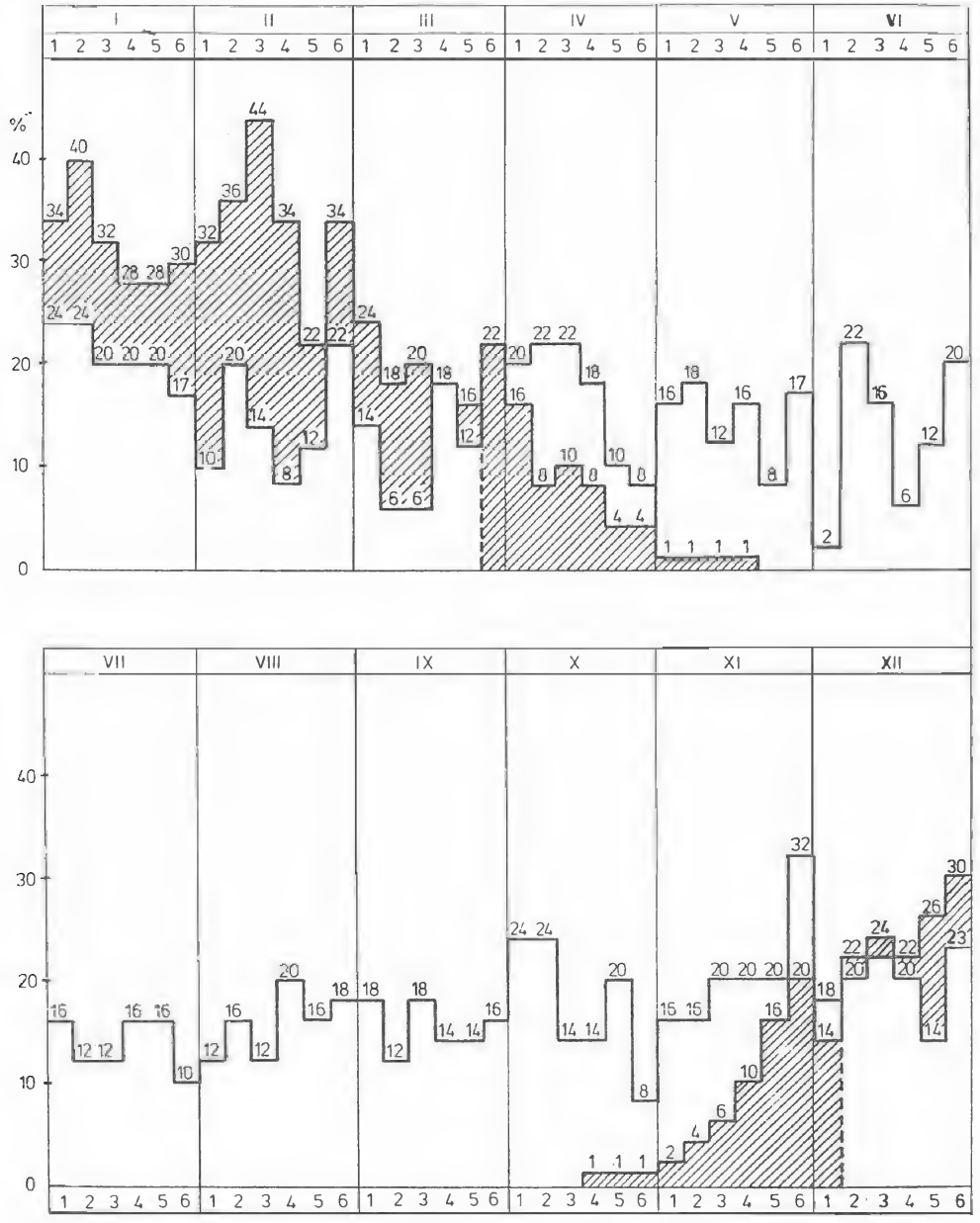
prędkości wiatru do 15 m/s, na co wskazują dane w tabeli 1 (rysunku nie wykonano ze względu na zbyt małą liczbę danych). Analiza poszczególnych miesięcy wykazuje, że nie ma tu takiej zgodności, jak w przypadku wiatrów o prędkości 10 m/s, i w niektórych miesiącach przeważają inne kierunki, ale mimo tego na te trzy kierunki przypada ponad 62% ich ogólnej ilości w roku.



Ryc. 6. Częstotliwość (%) dni z opadem 1 mm/doba i dni z opadem 10 mm/doba (słupki dolne), w/g pentad w Świnoujściu (1951-1980)

OPADY

Opady atmosferyczne, podobnie jak mgły i silne wiatry, są zjawiskiem okresowym, a spowodowane nimi utrudnienia zależą nie tylko od ich wysokości, lecz także od częstotliwości ich występowania oraz rodzaju opadu. Stąd przyjęto, że analizą należy objąć dni z opadami powyżej 1



Ryc.7. Częstotliwość (5) dni dżdżystych (słupki niekreskowane) oraz dni z opadem śniegu (słupki kreskowane) w Świnoujściu (1951-1980)

mm/dobę i powyżej 10 mm/dobę, oraz dni z opadem śniegu, a także dni dżdżyste (seria co najmniej 3 dni z opadem w jednym ciągu).

Liczbę dni z opadem ≥ 1 mm i ≥ 10 mm/dobę w poszczególnych pentadach przedstawia rycina 6. Jej analiza wskazuje, że rozkład dni z opadem ≥ 1 mm jest w skali roku dość wyrównany, a okresem, który tylko nieznacznie się wyróżnia, jest czas od połowy listopada do pierwszych dni lutego oraz – ale mniej – lipiec i sierpień. Często natomiast graniczą z sobą pentady z dużą i małą częstotliwością takich dni.

Częstotliwość dni z opadem ≥ 10 mm/dobę wykazuje znacznie większe zróżnicowanie w skali roku. Tu przeważają miesiące letnie (opady burzowe), a szczególnie lipiec, czerwiec, sierpień i wrzesień.

Jeśli chodzi o okresy dżdżyste, to ich liczbowe wartości pentadowe przedstawia w przebiegu rocznym rycina 7, na której pokazano także procentową liczbę dni z opadem śniegu. Analizując ten rysunek dochodzi się do wniosku, że okresy dżdżyste występują na przestrzeni roku dość równomiernie, z pewnym nasileniem w okresie od października do stycznia włącznie. Jeśli chodzi o liczbę dni z opadem śniegu, to tu wyraźnie dominuje grudzień, styczeń i luty. Spadek, i to wyraźny, liczby dni ze śniegiem notuje się na przestrzeni całego kwietnia, zaś wyraźny wzrost – w listopadzie.

DNI MROŹNE

Maksimum dni mroźnych (temp. 0°C przez całą dobę) przypada na drugą dekadę stycznia – 3,4 dnia, ale tylko nieznacznie ustępują jej: trzecia dekada stycznia – 3,3 dnia, druga dekada lutego – także 3,3 dnia, oraz pierwsza dekada lutego – 3,1 dnia. Spośród wszystkich miesięcy zdecydowanie pod tym względem wyróżniają się: styczeń – 9,5 dnia, i luty – 8,2 dnia; trzeci z kolei, grudzień, ma mroźnych dni zaledwie 4,6 (tab. 2).

Tabela 2. Średnia dekadowa liczba dni mroźnych (t_{min} < 0°C) w Świnoujściu (lata 1951–1980)

Dekady	Miesiące					
	XI	XII	I	II	III	IV
1	0,0	0,7	2,8	3,1	1,4	0,0
2	0,3	1,8	3,4	3,3	0,6	-
3	0,3	2,1	3,3	1,8	0,1	-
Suma	0,6	4,6	9,5	8,2	2,1	0,0

FALOWANIE

Jak wynika z danych zestawionych w tabeli 3, stany morza równe bądź przekraczające 5° notowano w Świnoujściu w przypadku wiatrów z N, NE i E, natomiast w Dziwnowie także z kierunków W i NW.

Tabela 3. Częstotliwość (%) stanów morza w strefie przybrzeżnej Zatoki Pomorskiej przy poszczególnych kierunkach wiatru [8]

Posterunek	Stan Morza	Kierunek wiatru								Cisza
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Świnoujście	3°	4,1	5,4	6,1	9,2	13,3	19,6	14,3	3,8	3,0
	3-5°	3,4	7,0	2,9	0,5	0,2	0,5	3,6	3,6	-
	5°	0,1	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-
Dziwnów	3°	4,1	8,4	8,2	11,3	10,8	7,1	6,1	7,1	5,0
	3-5°	3,6	4,6	3,3	0,6	0,3	1,8	5,9	8,0	-
	5°	0,7	0,5	0,3	-	-	-	0,5	1,7	-

Różnice te wynikają zapewne z usytuowania obydwu tych posterunków: Świnoujście jest osłonięte od strony W, zaś Dziwnów jest wystawiony na ten kierunek. Również stany morza 3-5° znacznie częściej występują przy wiatrach z N oraz zbliżonych do tego kierunku, zaś stany do 3° przeważają przy wiatrach z kierunków pozostałych, a głównie S, SW i SE. Należy przypuszczać, że na zależności, o których mowa, decydujący wpływ wywiera to, że wiatry z kierunku N i zbliżonych są z reguły silniejsze niż z pozostałych, oraz to, że u polskich wybrzeży fale przy wiatrach północnych są bardziej rozpędzone.

Podobne wnioski nasuwają się podczas analizy tabeli 4. Stany morza 5 i więcej stopni notuje się w Dziwnowie we wszystkich miesiącach roku, zaś w Świnoujściu tylko w październiku, listopadzie oraz lutym i marcu. Częstotliwość występowania niższych stanów morza, a więc od 3 do 5 stopni oraz do 3 stopni jest natomiast w obydwu tych posterunkach zbliżona.

ZJAWISKA LODOWE

W Zatoce Pomorskiej występują trzy formy lodu: lód lokalny genetycznie, lód spływający z akwenów ujścia Odry oraz lód napływający z Bałtyku. Podczas zim łagodnych występuje jedynie dryf pól lodowych oraz tworzy się wał lodowy na brzegu. W warunkach zim normalnych tworzy się zazwyczaj zwarta pokrywa lodowa o zasięgu do 2,5 km, zaś podczas zim surowych zwarta pokrywa lodowa może pokryć całą Zatokę Pomorską, tworząc w strefie brzegowej pola lodowe, nieco dalej zwały i spiętrzenia, a na końcu strefę lodów ruchomych.

Wiatry z kierunku N i zbliżonych powodują rozpad litej pokrywy lodowej i piętrzenie się lodu. Spiętrzenia te mają grubość kilkakrotnie większą niż grubość lodu litego, a w strefie brzegowej mogą one mieć grubość nawet kilku metrów. Charakterystykę liczbową dotyczącą zlodzenia Zatoki Pomorskiej przedstawiają tabele 5 i 6.

Tabela 4. Częstotliwość (%) stanów morza w strefie przybrzeżnej Zatoki Pomorskiej w poszczególnych miesiącach roku [8]

osterunek	Stan morza	Miesiące											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
winoujście	3°	82,3	65,1	81,2	63,3	69,4	78,3	71,5	82,3	82,8	82,8	85,0	93,5
	3-5°	17,7	32,5	18,3	36,7	30,6	21,7	28,5	17,7	17,2	16,1	12,2	6,5
	5°	-	2,4	0,5	-	-	-	-	-	-	1,1	2,8	-
Dziwnów	3°	52,1	57,7	59,5	70,0	72,7	67,9	69,8	68,4	66,4	72,5	81,2	62,8
	3-5°	41,4	29,7	38,0	27,5	24,3	28,1	29,1	29,8	28,8	23,2	17,7	33,3
	5°	6,4	12,5	2,5	2,5	3,2	4,0	1,1	1,8	4,8	4,3	1,1	3,9

Tabela 5. Dane wieloletnie o zlodzeniu w rejonie Świnoujścia z okresu 1946/47– 1980/81 [5]

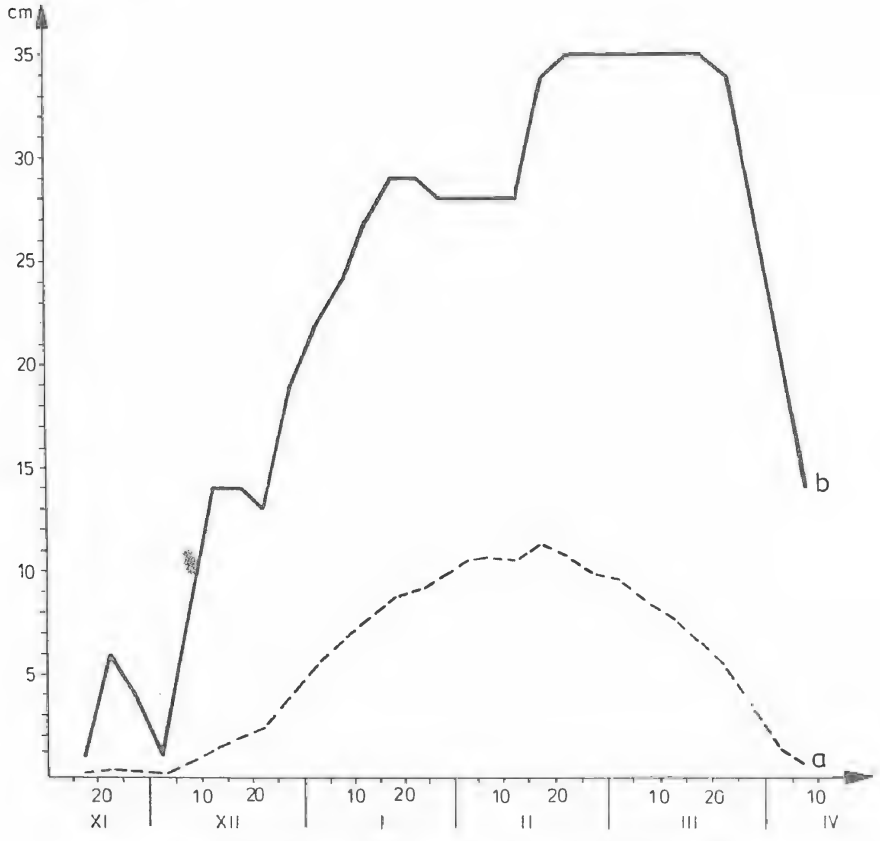
Rejon obserwacji	Termin wystąpienia pierwszego lodu			Termin zaniku ostatniego lodu			Czas trwania sezonu lodowego			Liczba dni z lodem			Liczba dni z lodem stałym[2]			Maksymalna grubość			Liczba zim	
	najpóźniejszy	średni	najwcześniejszy	najpóźniejszy	średni	najwcześniejszy	najkrótszy	średni	najdłuższy	najmniejsza	średnia	największa	najmniejsza	średnia	największa	najmniejsza	średnia	największa	obserwowanych	w tym bez lodu
Morze przed Świnoujściem[2]	16 XII	11 I	6 III	22 I	6 III	7 VI	0	49	109	0	31	108	0	10	59	0	13	50	35	4
Port Świnoujście	26 XI	1 I	20 II	15 I	10 III	9 IV	0	68	121	0	42	93	0	10	.	0	17	50	35	1

Dane dotyczące maksymalnej grubości lodu pochodzą z okresu 1954/55–1980/81
Dane dotyczące okresu 1950/51 – 1979/80

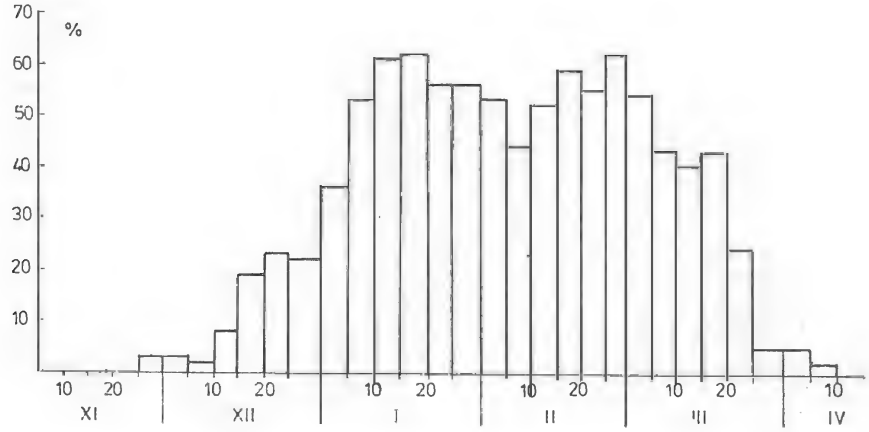
Tabela 6. Formy zlodzenia w rejonie Świnoujścia [5]

Dni z różnym rodzajem lodu		Zima łagodna			Zima normalna			Zima surowa		
		Liczba dni z lodem								
		min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.
Z lodem dni		0	12	57	0	24	107	45	71	107
w tym:	z lodem brzegowym	0	4	24	3	4	24	3	6	28
	z lodem dryfowym	0	7	27	0	15	84	15	46	85
	z lodem stałym	0	1	10	0	5	26	0	19	30

Grubość lodu sięga zazwyczaj od kilku do kilkunastu centymetrów, a podczas suchych zim może dochodzić nawet do 45-50 cm. Największe grubości lodu notowano od połowy lutego do połowy marca (ryc.8), zaś – jak wynika z ryciny 9 – najwięcej dni z lodem występuje od 10 stycznia do 20 marca.



Ryc.8. Przebieg średniej maksymalnej (a) i maksymalnej grubości lodu (b), w/g pentad w Świnoujściu - porcie (5)



Ryc. 9. Częstotliwość (%) dni z lodem, w/g pentad (1960/61-1979/80) w Świnoujściu - porcie (5)

PODSUMOWANIE

Znajomość kształtowania się utrudniających żeglugę i prace wykonawcze czynników hydrometeorologicznych w Zatoce Pomorskiej ma bardzo duże znaczenie. Uzyskane w opracowaniu wyniki potwierdzają tezę o bardzo dużej zmienności pogodowej oraz świadczą o znacznie trudniejszych warunkach pogodowych panujących zimą w porównaniu z latem. Dzieje się tak nie tylko dlatego, że pojawia się zlodzenie, ale także dlatego, że zdecydowanie zwiększa się ilość silnych, sztormowych wiatrów, rośnie częstość występowania mgieł, w tym szczególnie mgieł gęstych, obniża się temperatura powietrza oraz zwiększa falowanie.

Dokonana w pracy szczegółowa analiza przebiegu każdego czynnika hydrometeorologicznego oddzielnie pozwala na określenie terminu, kiedy to wraz ze zmianami pór roku intesywność ich występowania rośnie, a kiedy maleje, a więc głównie jesienią i wiosną, bądź odwrotnie, a także jakim zmianom ulega ich nasilenie w pozostałych dwóch porach roku. Zmiany te – biorąc pod uwagę wszystkie analizowane czynniki – powodują, że w jednych okresach roku nakładają się one na siebie, a w innych występują pojedynczo bądź nie występują w ogóle. Oczywiście sprawia to, że zmianie ulega także stopień trudności żeglugi i prowadzonych prac, które niejednokrotnie muszą być przerwane, a w przypadku żeglugi istnieje możliwość użycia holowników.

Dysponowanie przez przedsiębiorstwa wynikami opracowania, przy jednoczesnej znajomości progów, powyżej których dana praca nie może być już prowadzona (np. graniczna prędkość wiatru dla pracy dźwigów portowych), może ułatwić im odpowiednie rozplanowanie prac w okresie roku. Kiedy bowiem np. nie można prowadzić betonowania (gdyż istnieje duże prawdopodobieństwo, że wystąpi mróz), istnieje cały szereg innych

prac, na których przebieg mróz nie ma większego wpływu (transport lądowy oraz wodny, roboty montażowe, ciesielskie i inne).

Niniejsza publikacja stanowi pierwszy etap zamierzenia, jakim jest kompleksowe opracowanie kształtowania się tu przedstawionych czynników hydrometeorologicznych na przestrzeni roku, dla kilkunastu najczęściej prowadzonych na wolnym powietrzu prac hydrotechnicznych. Ma więc ona charakter pracy podstawowej, na której podstawie zostanie opracowana część druga, mająca charakter użytkowy z możliwością wdrożenia do praktyki.

Na koniec należy podkreślić, że uzyskane w opracowaniu wyniki oraz wyniki, jakie otrzymali inni autorzy, a odnoszące się do toru wodnego Szczecin-Świnoujście, wzajemnie się potwierdzają, a niewielkie różnice, ze względu na to, że analizy obejmują inne, aczkolwiek sąsiadujące ze sobą obszary, dotyczą tylko wartości liczbowych.

STEFAN TRZECIAK

HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS HAMPERING NAVIGATION AND HYDROTECHNICAL WORK IN POMERANIAN BAY

Summary

The writer has worked out, on the basis of 30-year records of the Świnoujście weather station, a model showing how hydrometeorological factors which negatively affect navigation and hydrotechnical work in Pomeranian Bay change within the year. The model comprises fogs, stormy winds, precipitation, temperature, wavy motion and icing. The obtained study results allow the estimation of the degree of difficulties in navigation or carrying out certain hydrotechnical work in the region at any time of year.

СТЭФАН ТШЭТЯК

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ В СУДОХОДСТВЕ И В РАБОТАХ В ПОМЕРАНСКОЙ БУХТЕ

Резюме

На основании 30-летних наблюдательных материалов с метеорологической станции в г. Свиноуйсте разработано образование, на протяжении одного года, гидрометеорологическнх факторов, имеющих отрицательное влияние на судоходство и гидротехнические работы в Померанской бухте. Принято во внимание туманы, штормовые ветры, волнения и оледенения. Результаты работы позволяют на определение степени утруднения судоходства, а также на ведение определённой гидротехнической работы в этом районе в любое время года.

PIŚMIENNICTWO

1. Biuletyny Agrometeorologiczne IMGW (z lat 1969-1980), Wydawnictwa IMGW, Warszawa. – 2. Biuletyn Lodowy, 1960/61-1979/80, Wydawnictwa IMGW, Oddział Gdynia. – 3. F l a k A.: *Rozkład czasowo-przestrzenny i prawdopodobieństwo występowania wiatrów silnych i bardzo silnych w rejonie polskiej części Zalewu Szczecińskiego*, Praca doktorska, 1985, Akademia Rolnicza, Szczecin. – 4. G i r j a t o w i c z J. P.: *Atlas zlodzenia wód polskiego wybrzeża Bałtyku,* Akademia Rolnicza, Szczecin, Zakład Upowszechniania Postępu. – 5. G i r j a t o w i c z J. P.: *Zjawiska lodowe polskiego wybrzeża Bałtyku oraz ich wpływ na żeglugę i rybołówstwo,* Akademia Rolnicza, Szczecin, Rozprawy nr 91, Szczecin 1983. – 6. K o ź m i ń s k i *C.: Agroklimat woj. szczecińskie*go, Szczecińskie Tow. Naukowe, Wydz. Nauk Przyr.-Roln., t.1, Szczecin 1983. – 7. K w i e c i e ń K.: *Warunki klimatologiczne południowego Bałtyku w okresie 1951-1960*, Oddział Morski PIHM, Gdynia 1968. – 8. M a j e w s k i A.: *Charakterystyka hydrologiczna Zatoki Pomorskiej*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1974. – 9. Materiały archiwalne IMGW za lata 1951-1980 dla stacji meteorologicznej w Świnoujściu, IMGW, Warszawa. – 10. Morskie Komunikaty Hydrologiczne IMGW, z lat 1961-1980, Oddział Morski IMGW, Gdynia. –

11. Opady atmosferyczne (roczniki za lata 1951-1977), Wydawnictwa IMGW, Warszawa. – 12. P r a w d z i c K., F l a k A.: *Analiza częstości wiatrów silnych i bardzo silnych wzdłuż toru wodnego Szczecin-Świnoujście w latach 1951-1979*, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej, Szczecin, nr 93, Szczecin 1982. – 13. Roczniki Meteorologiczne IMGW, z lat 1951-1968, IMGW, Warszawa. – 14. T r z e c i a k S. [i in.]: *Analiza warunków hydrometeorologicznych dla portów Szczecin, Police i Świnoujście wraz z komputerową metodą ich wykorzystania dla celów projektowych i wykonawczych*, Wyższa Szkoła Morska, Szczecin, 1985 (maszynopis). – 15. W e b e r M. *Rozkład czasowo-przestrzenny i prawdopodobieństwo występowania mgieł w obrębie toru wodnego Szczecin-Świnoujście*, Praca doktorska, 1979, Akademia Rolnicza, Szczecin (maszynopis).

Praca przyjęta przez redakcję 20 VI 1991.

Zakład Narodowy im. Ossolińskich - Wydawnictwo, Wrocław 1992.
Objętość: ark. wyd 6,70, ark. druk.6,5, ark. A_1 - 9
Skład komputerowy: BiS Bieroński i s-ka, s.c., Wrocław
Druk i oprawa: Wrocławska Drukarnia Naukowa